

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-068906

(43)Date of publication of application : 10.03.1998

(51)Int.Cl.

G02B 27/22

B60K 35/00

G02B 5/32

G03H 1/22

(21)Application number : 09-142643

(71)Applicant : ASAHI GLASS CO LTD

(22)Date of filing : 30.05.1997

(72)Inventor : NAKAZAWA OSAHITO

(30)Priority

Priority number : 08137187
08139047

Priority date : 30.05.1996
31.05.1996

Priority country : JP
JP

(54) HOLOGRAPHIC DISPLAY DEVICE

(57)Abstract:

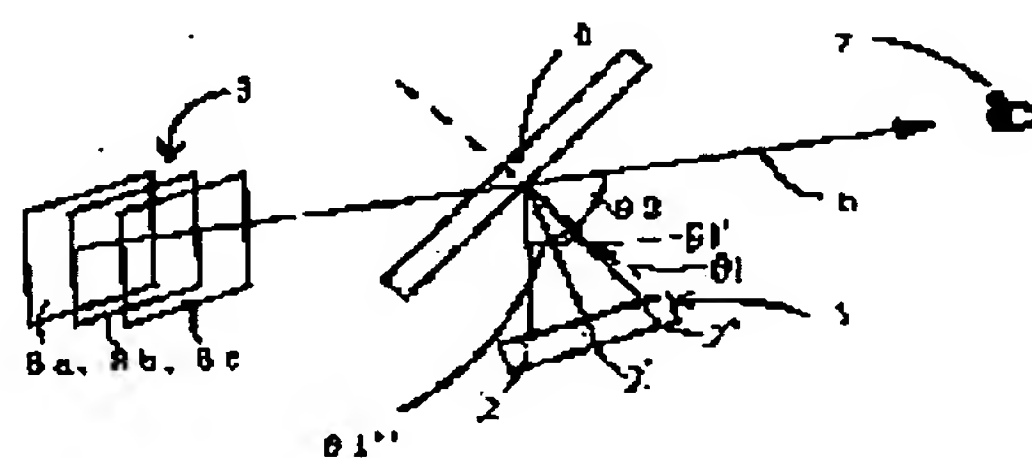
PROBLEM TO BE SOLVED: To display a virtual image having depth three-dimensionally by irradiating a hologram having a different virtual image forming distance at every different incident angle with light including partial information at plural incident angles and forming the virtual image at positions corresponding to the respective incident angles.

SOLUTION: The hologram 6 has the different virtual image forming distance at every different incident angle.

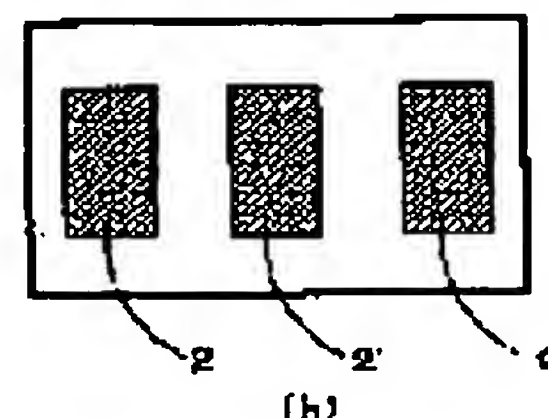
The light emitted from three display areas 2, 2' and 2'' on the display surface of a TFT color liquid crystal display device 1 is made incident on the hologram 6 at the angles of θ_1 , θ_1' and θ_1'' . The light made incident at the different angle is diffracted nearly in the same direction θ_2 by the hologram 6, and is turned into a three-dimensional image having three different image forming distances and viewed by an observer. The information is obtained by synthesizing trisected ones,

that is, three-dimensional information to be displayed in

divided into three pieces of partial information, emitted from the display areas 2, 2' and 2'' and formed into the image at the positions of 8a to 8c divided in a depth direction.



(a)



(b)

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-68906

(43)公開日 平成10年(1998)3月10日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B	27/22		G 0 2 B	27/22
B 6 0 K	35/00		B 6 0 K	35/00
G 0 2 B	5/32		G 0 2 B	5/32
G 0 3 H	1/22		G 0 3 H	1/22

審査請求 未請求 請求項の数8 O L (全 16 頁)

(21)出願番号 特願平9-142643

(22)出願日 平成9年(1997)5月30日

(31)優先権主張番号 特願平8-137187

(32)優先日 平8(1996)5月30日

(33)優先権主張国 日本(J P)

(31)優先権主張番号 特願平8-139047

(32)優先日 平8(1996)5月31日

(33)優先権主張国 日本(J P)

(71)出願人 000000044

旭硝子株式会社

東京都千代田区丸の内2丁目1番2号

(72)発明者 中沢 伯人

神奈川県横浜市神奈川区羽沢町1150番地

旭硝子株式会社中央研究所内

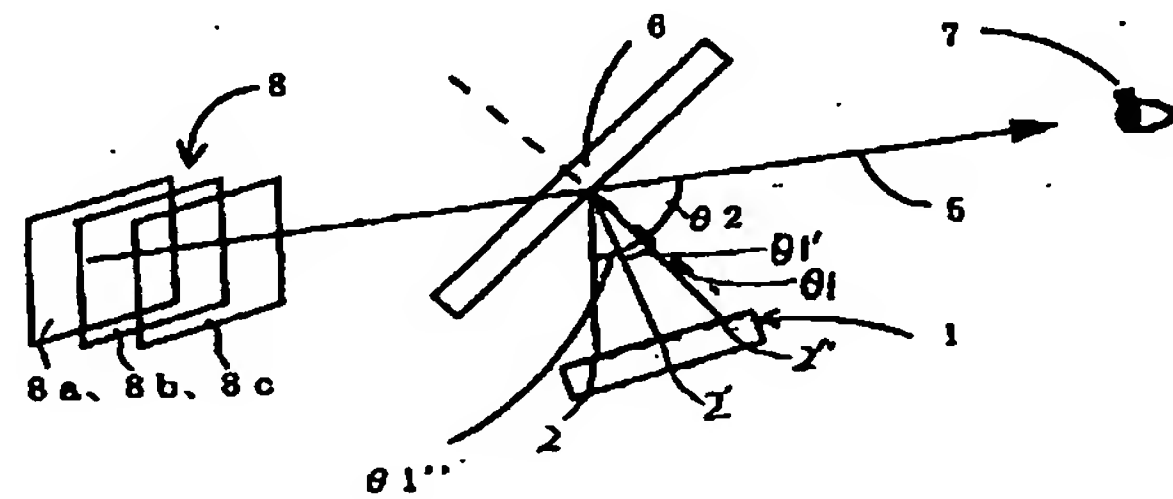
(74)代理人 弁理士 泉名 謙治 (外1名)

(54)【発明の名称】 ホログラフィック表示装置

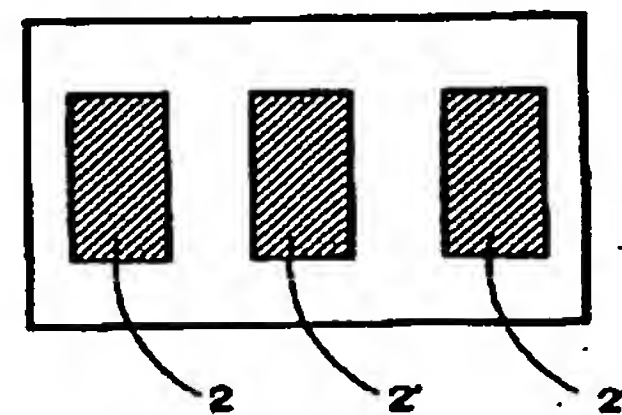
(57)【要約】

【課題】3次元的に奥行きのある表示が可能な表示装置を得る。

【解決手段】異なる入射角毎に異なる虚像結像距離を有するホログラム6に向けて、表示すべき情報を奥行き方向に複数の層に分類し、発する光の入射角を変える情報表示源から発せられる光5の入射角を複数の層に対応させて照射し、各入射角に対応した虚像結像位置に虚像を結像させて情報を3次元表示するホログラフィック表示装置。



(a)



(b)

【特許請求の範囲】

【請求項1】光源と表示すべき情報を表示する表示体とを有し、表示すべき情報を光として発する情報表示源と、前記光を観察者に向けて回折するホログラムとを少なくとも備えたホログラフィック表示装置において、前記ホログラムは、異なる入射角毎に異なる虚像結像距離を有するホログラムであり、前記表示すべき情報は、奥行き方向に複数の層に分割された複数の部分情報からなる3次元的な情報であり、前記複数の部分情報に対応するように複数の入射角でそれぞれの部分情報を含む光を前記情報表示源からホログラムに向けて照射して、前記各入射角に対応した虚像結像位置に虚像を結像させて情報を3次元的に表示することを特徴とするホログラフィック表示装置。

【請求項2】前記ホログラムは、複数のホログラム体が積層されたものであり、複数のホログラム体は、それぞれその回折効率に入射角依存性を有し、該入射角依存性は、それぞれのホログラム体のピーク回折効率を発現させる入射角がほぼそれぞれ前記複数の入射角のそれぞれに対応するものであり、それぞれのホログラム体は、ホログラム体に前記複数の入射角のうちの1つの入射角で入射した光の回折効率、前記複数の入射角のうちの残りの入射角で入射した光の回折効率の10倍以上となるホログラム体であることを特徴とする請求項1記載のホログラフィック表示装置。

【請求項3】前記情報表示源は、前記複数の入射角に合わせて配置された光源と表示体との複数の組み合わせよりなる請求項1または2記載のホログラフィック表示装置。

【請求項4】前記情報表示源は、表示体の表示面を前記複数の入射角に対応するように領域分割されてなる請求項1または2記載のホログラフィック表示装置。

【請求項5】光源と表示すべき情報を表示する表示体とを有し、表示すべき情報を光として発する情報表示源と、前記光を観察者に向けて回折するホログラムとを少なくとも備えたホログラフィック表示装置において、前記ホログラムは、異なる波長の入射光毎に異なる虚像結像距離を有するホログラムであり、前記表示すべき情報は、奥行き方向に複数の層に分割された複数の部分情報からなる3次元的な情報であり、前記複数の部分情報に対応するように複数の波長の光を前記情報表示源からホログラムに向けて照射して、前記各波長に対応した虚像結像位置に虚像を結像させて情報を3次元的に表示することを特徴とするホログラフィック表示装置。

【請求項6】前記各々の虚像結像位置間の間隔は、2～300mmである請求項1～5のいずれか記載のホログラフィック表示装置。

【請求項7】前記情報表示源は、表示すべき3次元情報の内容を可変とする制御装置を備えている請求項1～6のいずれか記載のホログラフィック表示装置。

【請求項8】前記部分情報は、単独では所望の意味をなさず、奥行き方向にこれらの複数の部分情報が重ねられて所望の意味をなす情報である請求項1～7のいずれか記載のホログラフィック表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はホログラムを用いた表示装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、コンピュータグラフィックス技術の発展や仮想現実空間の研究の進展により、3次元画像に対する関心が高まってきている。そして、表示装置として完全な3次元像を表示しうるものが望まれている。

【0003】従来の3次元表示装置は、いわゆる2眼式の表示装置であり、両眼視差や輻輳を利用したものが主である。すなわち、左右別々の角度から見た異なる映像を左右両眼が同時に見ることによって認識される現象を利用している。左右の目に別々の映像を与える手段として、右目用映像、左目用映像を細かい縞状に交互に配置し、レンチキュラーレンズ板やバラクスバリヤにより、それぞれの目にだけ見えるようにしたものが、従来から一般的に用いられている。ほかに、右目用映像、左目用映像の偏光または色を変えておき、偏光眼鏡または色眼鏡により、それぞれの目にだけ見えるようにしたものもよく知られている。

【0004】また、ホログラムを利用した方法もある。ホログラムは3次元像の光と参照光の干渉縞を記録したものである。その干渉縞を液晶表示素子などに表示して、3次元画像を再生する3次元表示装置も研究されている。ほかに、ホールバーニング効果を用い、3次元像のホログラムを多重記録した動画ホログラムの基礎的研究も行われている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】従来のレンチキュラーレンズ板やバラクスバリヤを用いる方式では、3次元像を視認しうる領域が限られている。その範囲をはずれると左右の目で見ると映像が反転し、立体感が狂ってしまう現象がある。また、偏光眼鏡または色眼鏡等を用いる方式では、特別な眼鏡を使用しなければ3次元画像を見ることができない。

【0006】さらに、上記の両眼視差や輻輳を利用した方法には別の問題がある。人間が3次元画像を認識する生理的な要因に、両眼視差や輻輳以外にもう一つ重要なものとして調節がある。これは、眼の水晶体レンズの焦点距離を変えるための筋肉緊張の情報である。2眼式の表示装置では、両眼視差や輻輳は3次元的な像の距離感を感じず。一方、調節機能はレンチキュラーレンズ板

やスクリーンなどの実体への距離感を感じる。そのため、両者に距離感のズレが生ずる。これにより、長時間2眼式の映像を見続けると、疲労を感じたりめまいに似た感覚を覚える。

【0007】ホログラムを用いる場合は、調節機能と両眼視差・輻輳とのズレがない3次元画像が得られる利点がある。ところが、3次元的なイメージを記録したホログラムは静止画像であり、また記録された像しか表示できず、任意の像を表示することができない。実験的には動画ホログラムが実現されているが、その記録時間は短い。当然ながら、任意の像を表示することができない。液晶表示装置等で干渉縞を表示する方法も、十分な速度で干渉縞分布を計算したり、大量の画像データを処理することは困難である。

【0008】ところで、ホログラムを用いた表示装置には、種々のものが提案されている。例えば、自動車等の車両で速度表示などを行うヘッドアップディスプレイ装置（以下HUDという）があげられる。ホログラムは再生光が照射されたときに、その表示像が視認できるので、透明性を有するホログラムを用いることによって前方の視界を妨げることなく必要なときに観察者に表示像を視認させることができる。そのため、ホログラムを用いた表示装置をHUDに利用することは有効である。

【0009】特開平2-186319号公報には、複数の異なる表示を同一方向でかつ異なる焦点距離を持つ虚像として表示する表示システムが示されている。この表示システムは、所定の入射角で投射される特定波長の画像信号のみを回折反射光として一定の出射角方向に出射する反射型ホログラムを、複数種類積層したホログラムコンバイナを用いている。

【0010】以下に、上記公報に開示された表示システムを詳細に説明する。この表示システムは、複数の異なる内容の表示を同一方向に表示するという課題に対し、複数種類のホログラムを積層したコンバイナを用いている。すなわち、上記課題に対し、単に表示面を分割して複数の表示を配置したものである。

【0011】この場合、相互に関係のない情報を同一方向に重ねて表示すると、複数の情報が混ざることによって煩わしさが生じる。しかも、個々の情報が区別がしづらくなり情報の視認性が著しく劣化する。例えば、上記公報の実施例にある表示される情報（速度計、油圧計、液温計）を同一方向に重ねてしまうと、それぞれを独立に読み取ることが困難である。そのため、この表示システムでは複数の異なる内容の表示を同一方向に重ねて表示することはなく、観察者は複数の2次元的な情報を視認する。

【0012】また、この表示システムでは、入射角 θ_1 、波長 λ_1 の光を出射角 Θ で回折するホログラムと、入射角 θ_2 、波長 λ_2 の光を出射角 Θ で回折するホログラムと、入射角 θ_3 、波長 λ_3 の光を出射角 Θ で回折す

るホログラムとを積層したものをを用いている。すなわち、入射角 θ および回折波長 λ がそれぞれ異なるホログラムを用いている。

【0013】そのため、入射角 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 に対応する位置に配置する表示器は、それぞれ異なる波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 （実施例ではそれぞれ赤、青、緑の色に対応する波長を使用）の光を発する異なる種類の表示器を使用しなければならない。また、同種の表示器を用いる場合には、異なる波長を得るための手段（実施例では3種類の透過型ホログラムを使用）を個々の表示器の表面側に配置しなければならない。そのため、システムが複雑になり実用的な表示システムを構成することは困難である。

【0014】さらに、この表示システムでは、ホログラムから虚像までの距離を $L_1 = 2 \sim 3 \text{ m}$ 、 $L_2 = 0.5 \sim 1 \text{ m}$ 、 $L_3 = 0 \sim 0.1 \text{ m}$ としている。すなわち、各虚像間の間隔は $0.5 \sim 1 \text{ m}$ である。このように各虚像間の間隔が大きいと、運転者はすべての表示像を一度に認識することができず個々の表示に対して眼の焦点調整をしなければならない。ところが、結像距離が大きく異なる虚像が同一視線にあると、観察者は眼の焦点が定まらず瞬時に情報を読み取ることが困難であるうえ、疲労やめまいに似た感覚を覚える。特に車両等を運転しながら使用する表示システムでは、運行の安全性を損なう恐れがある。

【0015】この表示システムの表示の機能について考えると、個々の表示に対して眼の焦点調整をしなければならない。そのため、個々の表示はおのずから独立した表示にならざるをえず、複数の表示面から構成され全体として一つの3次元的な像となるような表示を行うことはできない。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明は、前述の問題点を解決すべくなされたものであり、光源と表示すべき情報を表示する表示体とを有し、表示すべき情報を光として発する情報表示源と、前記光を観察者に向けて回折するホログラムとを少なくとも備えたホログラフィック表示装置において、前記ホログラムは、異なる入射角毎に異なる虚像結像距離を有するホログラムであり、前記表示すべき情報は、奥行き方向に複数の層に分割された複数の部分情報からなる3次元的な情報であり、前記複数の部分情報に対応するように複数の入射角でそれぞれの部分情報を含む光を前記情報表示源からホログラムに向けて照射して、前記各入射角に対応した虚像結像位置に虚像を結像させて情報を3次元的に表示することを特徴とするホログラフィック表示装置を提供する。

【0017】また、本発明は、光源と表示すべき情報を表示する表示体とを有し、表示すべき情報を光として発する情報表示源と、前記光を観察者に向けて回折するホログラムとを少なくとも備えたホログラフィック表示装

置において、前記ホログラムは、異なる波長の入射光毎に異なる虚像結像距離を有するホログラムであり、前記表示すべき情報は、奥行き方向に複数の層に分割された複数の部分情報からなる3次元的な情報であり、前記複数の部分情報に対応するように複数の波長の光を前記情報表示源からホログラムに向けて照射して、前記各波長に対応した虚像結像位置に虚像を結像させて情報を3次元的に表示することを特徴とするホログラフィック表示装置を提供する。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、図面に基ついて本発明をさらに詳細に説明する。図1は、本発明のホログラフィック表示装置の第1の基本構成例を示す概念図(a)およびそれに用いる表示体の正面図(b)である。本例は本発明の原理的な実証を行った例であり、3つの表示面を持つ3次元表示装置の例である。これは、TFTカラー液晶表示装置1から発した表示すべき情報を含んだ光5が、ホログラム6により回折され観察者7に3つの虚像表示層を持つ虚像8として視認されるシステムである。図示の8a、8b、8cは、それぞれ表示される3次元情報の奥行き方向に分けられた層に対応する。なお、奥行き方向とは、ホログラム6と観察者7とを結ぶ方向である。

【0019】TFTカラー液晶表示装置1の表示面上の3カ所の表示領域2、2'、2"から発した光は、ホログラム6に対しそれぞれ θ_1 、 θ_1' 、 θ_1'' の角度で入射する。異なる角度で入射した光は、ホログラム6によりほぼ同一の方向 θ_2 に回折され、3つの異なる結像距離を持つ3次元像となって観察者に視認される。

【0020】観察者が視認する情報は、3つの分割されたものが合成された情報である。すなわち、表示すべき3次元情報は、3つの部分情報に分割され、各々表示領域2、2'、2"から発せられる。各表示領域から発せられた光は、それぞれ奥行き方向に分けられた8a、8b、8cの位置に結像する。

【0021】本例におけるホログラム6の露光方法を図3に示す。波長可変の色素レーザー10からのレーザー光束が、ハーフミラー11により2つの光束に分けらる。その後、ミラー12により適宜折り返された後、スペーシャルフィルタ13、14により発散光となる。ガラス基板15にホログラム感光材料16を貼り付けておき、ホログラム感光材料16に上記2つの光束が照射される。こうして、2つの光束の干渉縞がホログラム感光材料16に記録されホログラム体となる。このように露光されたホログラム体は、双曲面鏡に相当する機能を有し倍率を持った反射鏡となる。

【0022】表示像側に対応する光は、光軸に沿って移動するスペーシャルフィルタ13、13'、13"により発散される。一方、表示装置側に対応する光は、14、14'、14"のように位置を変えて設置したスベ

ーシャルフィルタにより、それぞれ入射角を変えて発散される。入射角によって虚像結像距離の異なるホログラムを作製するには、表示像側スペーシャルフィルタの位置13、13'、13"に応じて、表示装置側スペーシャルフィルタの位置を14、14'、14"と適宜変えればよい。

【0023】実際の露光は以下のとおり実施した。ホログラム感光材料16として、本例では横150mm×縦100mmの大きさで、厚さが20 μ mのアクリル系フ

10

ォトポリマを用い、体積位相型の反射型ホログラム体を露光した。再生光の入射角(θ_1 、 θ_1' 、 θ_1'')は(5°、25°、45°)の3通りであり、回折角 θ_2 は65°に固定した。

【0024】露光距離は、表示装置側スペーシャルフィルタ(14、14'、14")からホログラム中心までの距離と表示像側スペーシャルフィルタ(13、13'、13")からホログラム感光材料中心までの距離との組み合わせを、露光用の光の入射角 $\phi_1 = 5^\circ$ のとき(167mm、1000mm)、 $\phi_1' = 25^\circ$ のとき(143mm、1000mm)、 $\phi_1'' = 45^\circ$ のとき(155mm、1000mm)とした。なお、もう一方の露光用の光の入射角は、 $\phi_2 = 65^\circ$ とした。そして、それぞれの条件となるようにスペーシャルフィルタを都度所定位置に配し、3枚のホログラム体を作製した。これらを積層することにより、異なる入射角に対し異なる虚像結像距離を有するホログラム6を作製した。

【0025】こうして露光したホログラム6に対し、液晶表示装置1を図1のように配置した。ホログラム6中心から液晶表示装置1までの距離は、表示領域2、2'、2"に対応しそれぞれ114mm、100mm、100mmである。そのときの入射角(θ_1 、 θ_1' 、 θ_1'')はそれぞれ(45°、25°、5°)である。このとき、虚像8はホログラム6から約200mm～約300mmの距離に、各々の間隔が約50mmの3つの虚像表示層を持つ3次元像として表示できた。

【0026】なお、図2はホログラム6を構成する3枚のホログラム体のうちの1つのホログラム体の回折特性グラフである。図2のとおり、回折効率には角度依存性がある。再生光の入射角が5°の場合、ピーク波長は561nmでピーク回折効率は95%である。再生光の入射角が25°の場合の561nmでの効率は6.9%である。両者の効率比は約14倍である。一方、再生光の入射角が25°の場合、ピーク波長は545nmでピーク回折効率は95%である。再生光の入射角が5°の場合の545nmでの効率は1.2%である。両者の効率比は約79倍である。このように、効率比が10以上であるため、1つの入射角の光に対しては1つのホログラム体だけが選択的に回折するようにできた。その結果、表示像の奥行き分解能が高く、ボケのない表示像が得られた。

40

50

【0027】上述の例では3つの入射角に対応する3つの表示面に、緑色単色の像を表示する例を示した。以下に、3つの入射角に対応する3つの表示面に、カラーの像を表示する例を示す。本例で用いるホログラムは緑色（543nm）、赤色（611nm）の光を回折する特性を有し、緑色、赤色のほかそれらの混色により黄色や橙色などを表示できる。再生光の入射角 θ_1 は 5° 、 25° 、 45° の3通りであり、回折角 θ_2 は 65° と共通にした。表示距離はそれぞれ200mm、250mm、300mmであり、3つの虚像表示層を持つカラーの3次元像として表示できるものである。

【0028】ホログラムの作製は以下のように行った。図3におけるホログラム感光材料16として、本例では有効領域が横110mm×縦100mmの大きさで、厚さが20 μ mのアクリル系フォトリソを用い、体積位相型の反射型ホログラムを作製した。露光に用いたレーザー光は、色素レーザーの575nmとKrレーザーの647.1nmの光を同軸に重ねたものを用いた。

【0029】露光角度の組み合わせおよび露光距離すなわち表示装置側スペーシャルフィルタ（14、14'、14''）からホログラム感光材料中心までの距離と表示像側スペーシャルフィルタ（13、13'、13''）からホログラム感光材料中心までの距離の組み合わせは次のとおりである。

【0030】再生光の入射角 5° 用のホログラム体の場合は、露光用の光の入射角 $\phi_1 = -15.8^\circ$ 、 $\phi_2 = 36.5^\circ$ 、露光距離は表示装置側が160mm、表示像側が1050mmである。再生光の入射角 25° 用のホログラム体の場合は、露光用の光の入射角 $\phi_1 = 12.9^\circ$ 、 $\phi_2 = 47.4^\circ$ 、露光距離は表示装置側が130mm、表示像側はシリンドリカルレンズを用いて縦方向の距離750mm、横方向の距離225mmとした。再生光の入射角 45° 用のホログラム体の場合は露光用の光の入射角 $\phi_1 = 34.8^\circ$ 、 $\phi_2 = 51.5^\circ$ 、露光距離は表示装置側が136mm、表示像側はシリンドリカルレンズを用いて縦方向の距離650mm、横方向の距離260mmとした。

【0031】それぞれの条件で露光した3枚のホログラム体を積層することにより、異なる入射角に対し異なる虚像結像距離を持つホログラム6を作製した。回折効率は543nmで約70%、611nmで約50%であった。このようにして露光したホログラム6に対しTFEカラー液晶表示装置1を図1のように配置した。ホログラム6中心から液晶表示装置1までの距離は、表示領域2、2'、2''に対応しそれぞれ114mm、100mm、100mmである。そのときの入射角はそれぞれ 45° 、 25° 、 5° である。このとき、虚像8はホログラム6からそれぞれ約300mm、250mm、200mmの距離に間隔約50mmの3つの虚像表示層を持つ3次元像として表示できた。

【0032】それぞれのホログラムは所定の入射角において、液晶表示装置のバックライトである冷陰極管の発光波長543nmと611nmの光を回折するため、緑、赤および混色により黄色や橙色のカラー表示ができた。こうして、3つの入射角に対応する3つの表示面に、カラーの像を表示するホログラフィック表示装置を作製できた。

【0033】本例では緑および赤の光を回折するホログラムを用いた例を示したが、波長457.9nmのArレーザー光をさらに上述の2つのレーザー光に同軸に重ねて同一の光学配置で露光すれば、所定の角度において約433nmの光を回折することが可能となり、青色も含めたフルカラーの表示像を3つの入射角に対応する3つの表示面に表示するホログラフィック表示装置を作製できる。

【0034】上記2例のホログラフィック表示装置は、複数の入射角からの光を回折し観察者に虚像として視認させるものである。そして、その虚像結像距離は異なる入射角に対し、それぞれ異なる。そのため、入射角を変えてホログラムに光を照射することによって、3次元的に奥行きのある虚像が表示可能となる。

【0035】言い換えれば、表示したい3次元的な領域を、断層写真のように奥行き方向に複数の層を重ねたものと考え、異なる入射角の情報を含む光をそのホログラムへの入射角毎に各層に対応させる。そして、異なる入射角で光をホログラムに照射することによって、それぞれの入射角に対応する虚像結像距離を持ったホログラムで入射光が回折され、3次元的な像として表示できる。

【0036】図4は、本発明のホログラフィック表示装置の第2の基本構成例を示す概念図である。本例は本発明の原理的な実証を行った例であり、5つの虚像表示層を持つ3次元表示装置の例である。具体的には、白色光を発するハロゲンランプ41から発した光がコリメータレンズ42で平行化され、透過型カラー液晶表示素子からなる表示体43および干渉フィルタ44を通過し、表示すべき情報を含んだ光45となる。この光45がホログラム46により回折され、観察者7に5つの虚像表示層を持つ虚像48として視認される。なお、図示の48a、48b、48c、・・・は、それぞれ表示される3次元情報の奥行き方向に分けられた層に対応する。

【0037】表示体43には5つの虚像表示層のそれぞれに対応する各断面の表示像が、制御装置によって順次伝達される。一方、干渉フィルタ44は、光軸に対する角度が周期的に変わるように回転する機構が制御装置に連動して設けてある。図5に光軸の垂直面に対する干渉フィルタ面の角度と透過中心波長のスペクトルとの関係を示す。角度によって透過波長を制御でき、波長選択可能なことがわかる。光軸に対して垂直の場合の透過波長は約564nmであり、波長半値幅は約3nmである。

本例ではスペースの関係で干渉フィルタ44を表示体4

3の後に配置したが、この順番は逆でもよい。

【0038】こうして発せられた情報を含む光45は、ホログラム46で回折される。ホログラム46の回折スペクトルは、図6に示すとおり5本の回折ピークを有する。各回折ピークは、異なる表示距離を持つホログラムに対応している。波長選択可能な干渉フィルタ44により特定の波長となった光45は、ホログラムの5つのピークのうち対応する波長のホログラムにより回折され、対応する結像距離を持つ虚像として結像し、観察者7に3次元像として視認される。情報を含む光45のホログラムに対する入射角 θ_1 、と回折角 θ_2 、とは、表示装置の構成や表面反射像を回避する条件などから決定される。

【0039】本例におけるホログラム46の露光方法を図7に示す。波長可変の色素レーザ10からのレーザ光束が、ハーフミラー11により2つの光束に分けらる。その後、ミラー12により適宜折り返された後、スペーシャルフィルタ13、14により発散光となる。ガラス基板15にホログラム感光材料16を貼り付けておき、ホログラム感光材料16に上記2つの光束が照射される。こうして、2つの光束の干渉縞が感光材料16に記録されホログラム体となる。このように露光されたホログラム体は、双曲面鏡に相当する機能を有し倍率を持った反射鏡となる。

【0040】光源側に対応する光は、位置固定のスペーシャルフィルタ14により発散される。一方、虚像側に対応する光は、光軸に沿って13、13'、13"のように移動可能なスペーシャルフィルタ13により発散される。それぞれの距離の比 R_1/R_2 が倍率に相当する。回折波長によって虚像結像距離の異なるホログラムを作製するには、可動スペーシャルフィルタの位置13、13'、13"に応じて、色素レーザの波長を λ 、 λ' 、 λ'' と変えればよい。本例では5つの波長およびスペーシャルフィルタの位置で露光を行った。図の簡略化のため、図7では3点のみを図示している。

【0041】実際の露光は以下のとおり実施した。ホログラム感光材料16として、本例では横150mm×縦150mmの大きさで、厚さが20 μ mのアクリル系フォトリソを用い、体積位相型の反射型ホログラムを露光した。再生光の入射角 θ_1 は40°、回折角 θ_2 は60°である。露光距離 R_1 は360mmに固定し、 R_2 と λ との組み合わせを、それぞれ(1575mm、548.0nm)、(1685mm、553.5nm)、(1800mm、559.0nm)、(1924mm、564.5nm)、(2057mm、570.0nm)とした。

【0042】表示体43をこうして露光したホログラム46から300mmの位置に配置すると、虚像48はホログラム46から約840mm～約960mmの距離に間隔約30mmの5つの虚像表示層として表示できた。

【0043】具体的には、以下のように表示を行う。干

渉フィルタ44を回動すると、その傾き角に応じて透過光の波長が変わる。ホログラム46は、入射光の波長に応じて異なる虚像結像距離を有する。そのため、フィルタの回動のタイミングに同期して表示体43の表示内容を制御手段によって変えれば、奥行き方向の距離の異なる位置に所望の表示像を結像できる。例えば、フィルタの傾きが0°のときは約563nmの光が透過し、虚像は約960mmの位置に結像する。そこで、表示体43に一番奥の面に対応する表示をさせればよい。フィルタの傾きが16°のときは約552nmの光が透過し、虚像は約900mmの位置に結像する。そこで、液晶表示素子に中間の面に対応する表示をさせればよい。フィルタの傾きが23.5°のときは約539nmの光が透過し、虚像は約840mmの位置に結像する。そこで、液晶表示素子に一番手前の面に対応する表示をさせればよい。

【0044】なお、フィルタの動きを人間の目の残像が生ずるほどの周期になるような高速で行えば、すべての距離の表示が同時に見えるようになるため、3次元的な物体などの表示に適する。また、フィルタをゆっくり回動すれば、間欠的な動きを表現できる。これは、警告表示を奥から手前に順次近づけるような表示、直進矢印を手前から奥に順次遠ざけるような表示に適した方法である。

【0045】図5からわかるとおり干渉フィルタを傾け再生光を短波長にすると、その透過率は次第に減少する。したがって、短波長ほど表示像が暗くなる傾向がある。そこで本例では、視認性のよい手前側の表示像を暗めに、視認性の劣る奥側の像を明るめにするよう、短波長から長波長になるに従い表示像の結像距離が長くなるように配置した。また、必要に応じてフィルタの透過率の増減を補正するように光源の輝度を同期して変化させてもよい。

【0046】本例のホログラフィック表示装置は、複数の波長の光を回折し観察者に虚像として視認させるものである。そして、その虚像結像距離が異なる波長に対してはそれぞれ異なる。そのため、波長を変えてホログラムに照射することによって、3次元的に奥行きのある虚像が表示可能となる。

【0047】言い換えれば、表示したい3次元的な領域を、断層写真のように奥行き方向に複数の層を重ねたものと考え、情報を含む光の波長を異なる波長毎にこの層に対応させる。そして、異なる波長の光をホログラムに照射することによって、それぞれの波長に対応する虚像結像距離を持った入射光がホログラムで回折され、3次元的な像として表示できる。

【0048】本発明において、ホログラム感光材料には、ポリビニルカルバゾールやアクリル系などのフォトリソ、重クロム酸ゼラチン、光レジスト、銀塩など種々の感光材料を使用できる。このようなホログラムは通

常数10mmから数100mm角程度の面積で、数 μm から数10 μm 程度の厚みである。このようなホログラムは、リップマンタイプ等の体積・位相型のホログラムが高い回折効率を得られるという点で望ましいが、エンボスタイプ、レインボータイプ等のホログラムと呼ばれるものも広く使用できる。

【0049】第1の基本構成例に用いるホログラムとしては、1つの感光材料に異なる虚像結像距離を持つ複数のホログラム体を、それぞれ露光角度を変えて多重露光したものでもよく、異なる露光角度で露光した異なる虚像結像距離を持つホログラム体を複数積層してもよい。また、多重露光したホログラム体をさらに積層してもよい。

【0050】また、ポリマ中に有機色素分子をドーブしたり、結晶中に希土類イオンをドーブしたいわゆるホールバーニング媒体に、異なる虚像結像距離を有するホログラムが作製されるように、露光角度を変えて多重露光してもよい。ホールバーニング媒体に多重露光する場合の多重度は、材料の持つ不均一波長幅と均一波長幅との比で与えられる。材料によって異なるが、100~1000000程度度のきわめて大きな多重度が実現できるため、奥行き方向の分解能の高い3次元表示が期待できる。

【0051】この際、露光角度の順番と虚像結像距離の順番とは、3次元像表示を効率よく行うために露光角度の順番に虚像結像距離を順に変えていくことが望ましい。

【0052】個々のホログラム体の回折効率には、入射角依存性があることが好ましい。また、個々のホログラム体においては、所定の角度で入射した場合の回折効率、他のホログラム体に対応する別の入射角で入射した場合の回折効率の10倍以上であることが望ましい。これは、表示像の奥行き分解能を上げて像がボケないようにするためには、1つの入射角の光に対しては1つのホログラム体だけが選択的に回折することが望ましいからである。

【0053】第2の基本構成例に用いるホログラムとしては、1つの感光材料に異なる虚像結像距離を持つ複数のホログラム体をそれぞれ露光波長を変えて多重露光したものでもよく、異なる波長で露光した異なる虚像結像距離を持つホログラム体を複数積層してもよい。また、多重露光したホログラム体をさらに積層してもよい。また、前述のホールバーニング媒体に、異なる虚像結像距離を持つホログラムが作製されるように、露光波長を変えて多重露光してもよい。この際、露光波長の順番と虚像結像距離の順番とは、3次元像表示を効率よく行うために露光波長の順番に虚像結像距離を順に変えていくことが望ましい。

【0054】本発明における情報表示源は、光源と表示すべき情報を表示する表示体とを少なくとも備えてい

る。光源としては、あらゆる光源が利用できる。熱陰極管、冷陰極管、蛍光表示管、ハロゲンランプ、発光ダイオード、半導体レーザー、メタルハライドランプなどからなる光源が利用できる。

【0055】なお、第2の基本構成例における光源には、波長可変の光源が用いられる。波長可変の光源には様々なものが考えられる。例えば、広い波長帯域を持つ光源と異なる中心波長を持つ複数の干渉フィルタとの組み合わせが考えられる。複数の干渉フィルタをその中心波長の順に適宜配置し、周期的に広帯域光源の前に位置するように動かせばよい。その配置は直線状でもよいが、駆動機構の簡易化、スペースの低減等の観点から、回転する円盤の周にそって波長の順に配列することが好ましい。

【0056】また、広い波長帯域を持つ光源と干渉フィルタとからなり、光に対する干渉フィルタの傾きを周期的に変化させることにより、干渉フィルタの中心波長を変化させるものであってもよい。干渉フィルタの中心波長は、一般に光がフィルタに対し垂直に入射する場合が一番長く、斜めにすると短波長化する。したがって、干渉フィルタの傾きを周期的に変化させると、透過する波長は長波長→短波長→長波長のように変化する。

【0057】波長可変の光源には、以下のような連続的に波長を変化させられる波長可変のレーザーが好ましく利用できる。発振波長帯域が広く波長選択機能を持つレーザー光源としては、蛍光色素を有機溶剤に溶かした溶液をレーザー媒体として用いる色素レーザーや、TiドーブのサファイヤやCrドーブのガーネット、アレキサンドライト、エメラルドなどをレーザー媒体とする波長可変固体レーザーがある。これらのレーザーは、発振波長を広い範囲で連続的に変化させることができる。波長選択素子には、回折格子や複屈折フィルタ等を用いる。光出力も大きく実用的な光源といえる。その他の波長可変レーザー光源としては、アルカリハライド結晶を用いたカラーセンターレーザーや自由電子レーザーなどがある。一方、半導体レーザーでも、動作電流の制御により波長を変化させることができる。その変化幅は狭いが、レーザーのサイズが非常に小型であるという利点がある。

【0058】上記のような連続波長可変レーザーだけでなく、飛び飛びに波長を変えられる光源も使用できる。例えば、Arイオンレーザー、Krイオンレーザーなどの希ガスイオンレーザーは可視、紫外領域に多数本の発振線を持つ。Arイオンレーザーでは青緑領域に458、466、476、488、497、515、523nmなどの発振線がある。これらの発振波長をレーザー共振器内の波長選択プリズムにより適宜選択すれば、波長可変光源として使用できる。

【0059】その他に、若干性質は異なるが、非線形光学結晶を用いて波長を変換したレーザー光源も利用できる。KDP、ADP、BBO結晶などを用いた高次高調

波や、LiNbO₃、結晶などを用いたパラメトリック発振などを用いてもよい。

【0060】複数のホログラム体の各回折ピークの波長半値幅は、各ホログラム体の回折波長間隔より狭いことが望ましい。また、波長可変光源が発する光は前記複数のホログラム体の各回折波長に対応しており、その発する光の波長半値幅は各ホログラム体の回折波長間隔より狭いことが望ましい。これは、表示像の奥行き分解能を上げて像がボケないようにするためには、1つの波長帯域の光に対しては1つのホログラム体だけが選択的に回折することが望ましいからである。

【0061】本発明において、表示すべき情報を表示する表示体としては、液晶表示素子等のいわゆる受光型表示素子が好ましく使用できる。例えば、透過型のツイストネマチック型液晶表示素子や、スーパーツイストネマチック型液晶表示素子などが好ましい。また、カラーフィルタと組み合わせたカラー液晶表示素子等が好ましく使用できる。

【0062】それとは別に、受光型表示素子を用いず、上記の光源自体をドットマトリックス状に配列し、情報を光として発するものであってもよい。例えば、プラズマディスプレイ、蛍光表示管、有機EL素子、フィールドエミッション素子などが考えられる。

【0063】光源と表示体との間、また情報表示源とホログラムとの間には、必要に応じてレンズ系や曲面反射鏡等の適当な光平行化手段、導光板等の適当な導光手段、光偏光手段、または、KNO₃等の非線形光学素子を配置してもよい。

【0064】第1の基本構成例に用いる情報表示源の構成には、ホログラムの複数の入射角に対応する位置に合わせて配置された、複数の光源と表示体との組み合わせを使用できる。例えば、蛍光表示管などの小型の自発光型の表示体を複数配置することが考えられる。この方法は、表示体の数は増えるがそれぞれの表示体の配置をそれぞれ最適化できる利点がある。

【0065】また、別の方法としては、十分な面積を持った表示体の表示面をホログラムの複数の入射角に対応する位置に合わせて領域分割して、各領域毎に情報表示することもできる。例えば、液晶表示装置の表示面内を領域分割し、それぞれ別個に表示することが考えられる。この方法は少ない表示体で等価的に複数の表示体を実現できる利点がある。また、両者の方式を組み合わせてもよい。

【0066】一般的に、入射角を変えて使用するホログラムは、表示像の拡大倍率が入射角毎に異なることが多い。そこで、前記複数の表示体または複数の表示領域に分割された表示体において、各表示体または各表示領域の表示情報のサイズは、対応するホログラムの表示像拡大倍率の差を補正するように、独立に制御することが好ましい。

【0067】本発明において情報表示源に供給される情報は、表示すべき3次元像の3次元的位置情報および明るさ、色の情報を有する。特にその情報は表示すべき3次元映像を断層写真のように奥行き方向に層状に分け、各層面内での2次元的位置情報および明るさ、色という形態であることが望ましい。さらに奥行き方向に分けられた層は、前記ホログラムが有する複数の虚像結像距離のそれぞれと奥行きの位置関係が対応するように分割されたものであることが望ましい。なお、このような情報を表示するためには、第1の基本構成例のように入射角に応じてホログラムによる虚像結像距離が異なるものが好ましい。

【0068】本発明のホログラフィック表示装置による1つの3次元像の表示は、第1、2の基本構成例について、それぞれ次のように行われる。第1の基本構成例では、奥行き方向に層状に分割した各層の情報をそれぞれに対応する表示体で同時に表示して、1つの像を合成表示する方法が望ましい。また、3次元像ではなく、異なる虚像結像距離を持つ独立した情報を表示してもよい。そのための方法としては、複数の虚像結像距離に対応する複数の表示体または複数の表示領域に、独立した情報を個別に表示する方法が望ましい。

【0069】第2の基本構成例では、奥行き方向に層状に分割した各層を時分割的に順次表示し、かつそれを周期的に繰り返していくことがある。その場合、奥行き方向のホログラムに近い順または遠い順に順序だてて表示し、すべての層を表示し終えるまでを1周期とする。その際、波長可変光源が発する光の波長も周期的に掃引することが求められる。その周期は奥行き方向に各層をすべて表示し終えるまでの周期と等しいことが望ましい。また、表示体が1つの層に対応する情報を表示しているときには、波長可変光源は一定の波長領域にあり、かつその波長は表示すべき層の奥行き方向の位置に対応した虚像結像距離を持つホログラムの回折波長に対応する。

【0070】この場合、異なる波長の光で回折された虚像として奥行き方向に分割して表示するため、各虚像の色調はその波長に対応して異なる。3次元像全体としての色調が大きく変わらないようにするためには、各虚像に対応する波長の間隔はできるだけ狭いことが望ましい。そのためには、ホログラムの波長半値幅および波長可変光源の波長半値幅はできるだけ狭いことが望ましい。そこで、波長可変光源として干渉フィルタを用いる場合は、その透過スペクトルの波長半値幅はできるだけ狭いことが望ましい。また、レーザのように非常に狭い波長半値幅を持つものが好ましく利用できる。ホログラムに1つの感光材料に多重露光したものをを用いることは、波長半値幅が狭くなるので望ましい。また、ホールバーニング媒体では、ホログラムの波長半値幅はその材料の持つ均一波長幅により決まりきわめて狭いものが実現できる。

【0071】以上の説明は1つの色調を持つ3次元像の表示に関するものである。第2の基本構成例のホログラフィック表示装置をカラー表示とする場合には、3原色に対応する赤緑青の各色において、対応する波長領域において上述のようにできるだけ狭い波長間隔で表示していけばよい。

【0072】本発明のホログラフィック表示装置の表示する内容には、立体テレビジョンのような3次元画像表示一般が好適である。特に、本発明の原理の観点から、3次元像を奥行き方向の断層に各々単独では所望の意味をなさないように分割し、異なる結像距離の虚像に1対1に表示し、各虚像が合成されることによって所望の意味をなすような応用が最も好ましい。

【0073】例えば、医療用や科学分析用の各種断層写真の立体表示装置、航空機用、船舶用、気象用などの各種レーダ映像の3次元表示装置、3次元位置ポインタ、3次元地図表示装置、3次元コンピュータグラフィックス映像や仮想現実空間表示用のモニタ装置、各種3次元CAD、シミュレータなどのモニタ装置、3次元ゲーム装置、3次元的な装飾表示装置など、種々の応用が考えられる。

【0074】上述のとおり、表示すべき3次元像は複数に分割され、それぞれが奥行き方向に形成される複数の層上に虚像として結像される。この場合、各層間の間隔は、2～300mmであることが好ましい。これは、それぞれの間隔が大きい（例えば500mm程度）と、同時にこれらの層に結像された虚像に、同時に焦点を合わせることが困難だからである。そのために、重ね合わされてはじめて所望の意味をなす3次元情報を表示する場合には、表示像の意味を理解できるほどには充分に表示像を視認できない。さらに、焦点を動かして前方を視認しようとしても、ホログラムから遠い位置にある層上の表示像が前方の視認性を妨げるおそれもある。

【0075】一方、各層間の間隔が2～300mmであると、それぞれの層上の表示像の強調の度合いに違いがあっても、各層上の表示像を、重ねあわせて理解できるだけ充分に視認できる。しかも、視認性に富んでいることにより、目の疲労やめまいに似た感覚を覚えるおそれも低減できる。

【0076】さらに視認性のよい3次元表示像を得るためには、最も観察者側に位置する層から最も観察者から遠い層までの距離が、20～500mmの範囲にあることが好ましい。これを実現するためには、3次元像が3層に分割される場合には、各層間の距離が10～250mm、5層に分割される場合には、各層間の距離が5～125mmにあることが好ましい。

【0077】次に、本発明の表示装置によって表示される表示像について具体例をあげる。表示すべき具体的な対象には、空間的な大きさを有する3次元物体が例示できる。すなわち、3次元物体を奥行き方向の断層に分割

し、各断面内の2次元構造を異なる結像距離に対応する虚像表示層に表示するものである。その場合、表示の方法は2通りに大別できる。

【0078】一つは、各断面において物体の輪郭に相当する部分のみを表示し、全体として3次元物体の外側表面を観察できるようにする方法（方法A）である。他方は、各断面における内部構造まで含めて表示し、全体として内部が透視できる3次元物体として表示する方法（方法B）である。方法Aと方法Bを併用することもできる。

【0079】例えば、方法Aによって図8（a）のようなピンを3次元表示する場合、ピンを奥行き方向に図8（b）、図8（c）、図8（d）のように層状に分割し、各断面内においてピンの輪郭部分を表示する。具体的には、奥行き方向に分割する位置と虚像の結像距離の関係を対応させることが重要である。すなわち、一番手前の断面である図8（b）の情報は、図1の表示領域2''に表示することにより、一番手前の虚像表示層8cに表示される。中間断面の図8（c）は表示領域2'に表示し、中間の虚像表示層8bに表示される。一番奥の断面の図8（d）は表示領域2に表示し、一番奥の虚像表示層8aに表示される。

【0080】このように、奥行き方向に分割した表示を対応する虚像表示層に表示することにより、全体として図9（（a）は概略斜視図、（b）は概略正面図）のような3次元像が得られる。この場合、虚像表示層8cと虚像表示層8bとの間の距離および虚像表示層8bと虚像表示層8aとの間の距離はともに20mmであった。

【0081】この方法は3次元物体一般に適用できる。表示虚像表示層の数を多数用いないと充分な3次元像の表示が困難な物体については、平面ではなく有限の厚みを持ったブロックに分割し、奥行方向に帯状となる輪郭を表示してもよい。

【0082】方法Bによる表示には、次のような応用例があげられる。例えば、人体のように複雑な内部構造を持つ対象を、2次元的な面内で表示することは一般に困難である。すべてを一つの面内に表示すれば図10

（a）のように複雑で判別しにくいものになる。そこで、断層写真のように奥行き方向に並ぶ各断面毎に分割して表示することが考えられる。また、単純な断面ではなく構成要素に分割し個々の要素ごとに表示する方法も考えられる。

【0083】例えば、身体輪郭部（図10（b））、骨格（図10（c））、内臓器（図10（d））のように構成要素に分割する。そして、各構成要素毎に表示領域2、2'、2''に表示すれば、おのおの虚像表示層8a、8b、8cに各構成要素が表示される。すべてを同時に表示すれば、図11（（a）は概略斜視図、（b）は概略正面図）のような3次元像が得られる。この場合、虚像表示層8cと虚像表示層8bとの間の距離およ

10

20

30

40

50

び虚像表示層8bと虚像表示層8aとの間の距離はともに20mmであった。図11のようにすべての要素が重なって表示され、それぞれの要素間の位置関係がわかる。また、身体輪郭部(図10(b))、骨格(図10(c))のみを表示領域2、2'に表示すれば図12((a)は概略斜視図、(b)は概略正面図)のように表示され、骨格の配置がわかる。この場合、内臓器(図10(d))の面と骨格(図10(c))の面との間の距離および骨格(図10(c))の面と身体輪郭部(図10(b))の面との間の距離はともに100mmであった。

【0084】このように表示内容を適宜切り替えることにより、複雑な内部構造を持つ対象もわかりやすく表示できる。この方法も適用範囲が広いが、特に、内部構造を持つ物体や複数の階層構造を持つ対象の表示に適する。例えば、CADなどは好適な応用分野であり、建築物の内部構造の表示や半導体デバイスのマスク図面や電気回路基板などを基板、配線部、部品などのように階層的に分類し表示できる。

【0085】このように、単に異なる表示を複数重ねるだけではなく、それぞれが関連性を有し全体として一つの物体などを構成するものを表示する場合、本発明の表示装置はその機能を効果的に発揮できる。

【0086】実体を持つ物体だけではなく、3次元的な空間そのものまたは仮想的な空間や、さらには階層的カテゴリーから構成される体系などの抽象的事象の表示にも、本発明の表示装置を適用できる。

【0087】3次元的な空間または仮想的な空間の例としては、立体的地図があげられる。特に俯瞰図のような奥行き感の表現や地形図のように立体的起伏の表現に適する。また、海底、地表、大気圏構造のような3次元空間の表現にも適する。気象の分野では、平面地図、緯度経度座標線、雲の分布図、気圧配置図、風速図、地表、海面温度分布図、海流分布図などを個々の虚像表示層に示し、各々を重ねたり適宜選択表示することにより、相互の関連を含めた高度の情報表示が可能となる。

【0088】抽象的事象の例には種々あるが、例えば奥行き方向を空間ではなく時間軸に対応させることがあげられる。すなわち、より遠方に結像する虚像表示層をより遠い過去に対応づけ、時間の経過を空間的な配置に置き換えて表示するのである。物理的または経済的現象の経時的な変化や測定対象物の特性値の変化、または政治的、経済的事柄の歴史的变化などの表現が可能である。

【0089】階層的カテゴリーから構成される体系の表現対象は、あらゆる分野に及ぶ。例えば、言語学の分野では諸言語の関連性や、個別の単語の語源学的な変遷を表示の奥行き方向への空間的な配置に置き換えて表示する応用があげられる。論理学または情報処理分野でも、アルゴリズムの構成、階層的データベースの構成の表現が可能である。生物学の分野でも、動植物種の分類学ま

たは進化論的変遷への応用があげられる。

【0090】上記の気象への応用例も、広い意味で階層的カテゴリーから構成される事象の例である。また、アミューズメントやゲームへの応用も広い可能性を有する。例えば、3次元的な五目並べ、ブロック崩しなどのパズルゲームから、立体的なシューティングゲームなどへの適用が可能である。

【0091】人間への情報伝達手段またはヒューマンインターフェースとして、本発明の表示装置をとらえる。奥行き方向を人間の感覚へ対応づけることにより、情報のよりの確でストレスのない伝達が可能な手段であることがわかる。例えば、事柄の重要度や危険度を奥行き方向に置き換えて表現することが例示できる。すなわち、重要度や危険度の低い事柄はより遠方に、高い事柄は手前に表示することにより、重要度の序列に対する感覚と遠近の順序に対する感覚が調和するため、違和感がなく自然で認識しやすい情報伝達が可能になる。

【0092】以上のように、本発明の表示装置を用いれば実体のある3次元物体の表示にとどまらず、抽象的な事象までも人間の感覚に調和する形態で表示することが可能である。

【0093】自動車用の表示装置への応用例についてさらに詳しく述べる。HUDの経路誘導表示の方法としては、次のような方法が好適な例としてあげられる。すなわち、車両の進行と前方の目標地点における方向転換の様子を、奥行き方向の虚像表示層に対応づけることで、車両が進行している感覚に適合した経路誘導表示が可能となる。

【0094】図13のような旗印で指示される車両進行方向前方の交差点で左折することを示し、運転者を誘導する場合の表示例を説明する。図1の表示領域2、2'、2"に、図14(a)~(d)の表示a~dを、図15のチャートで示すようなタイミングで制御装置によって制御して表示する。

【0095】すなわち、時間領域1の期間は、表示領域2に表示aを表示し、表示領域2'には何も表示せず、表示領域2"にも何も表示しない。次に時間領域2の期間は、表示領域2に表示aを表示し、表示領域2'には何も表示せず、表示領域2"には表示cを表示する。また時間領域3の期間は、表示領域2に表示aを表示し、表示領域2'に表示bを表示し、表示領域2"には表示cを表示する。さらに時間領域4の期間は、表示領域2に表示dを表示し、表示領域2'に表示bを表示し、表示領域2"には表示cを表示する。この時間領域1から4までの期間を一つの表示周期として繰り返し表示を行う。

【0096】なお、表示領域2、2'、2"に表示するパターン図14(a)~(d)は、最終的に必要な表示像(図13)に対し左右逆転させている。これはホログラムコンバイナで1度反射するため、表示体上のパター

ンが左右反転して見えるためである。

【0097】これらの表示において、道路および前方矢印は緑色、旗印および進路変更矢印は赤色で表示し視認性を高めている。このように得られる表示像は、時間領域1の期間は図16（（a）は概略斜視図、（b）は概略正面図）のようになる。時間領域2の期間は図17

（（a）は概略斜視図、（b）は概略正面図）のようになる。時間領域3の期間は図18（（a）は概略斜視図、（b）は概略正面図）のようになる。時間領域4の期間は図19（（a）は概略斜視図、（b）は概略正面図）のようになる。そして、それらが周期的に繰り替えされる。

【0098】運転者にとっては、自車の進行に合わせ矢印表示が目標の交差点に順次近づき、その交差点において左折する様子を視認できる。こうして、本発明の表示装置によれば、3次元的な走行空間内における自車の進行の様子、目標交差点の位置、目標交差点における進路変更方向を、空間的・時間的に順序付けた表示で示すことができる。この場合、表示bの表示虚像表示層と表示cの表示虚像表示層との間の距離および表示cの表示虚像表示層と表示a、dの表示虚像表示層との間の距離はともに75mmであった。

【0099】また、近年インストゥルメントパネルの計器板に、虚像式遠視点メータが用いられ始めている。これは、HUDと同様に計器板の読み取り時にも、眼の焦点位置が運転中の前方視の状態から大きく変わらないようにしたもので、視認性の向上、読み取り時間の短縮を狙ったものである。本発明の表示装置は、この虚像式遠視点メータにも好ましく適用できる。

【0100】図20は、本発明のホログラフィック表示装置を車両のインストゥルメントパネル内に設置した遠視点メータの例である。図20では、図1と同様の構成要素について同じ符号を付与してある。

【0101】表示の例として燃料計（図21）をあげる。燃料計を文字盤に相当する表示（図22（a））と指針に相当する表示（図22（b））との2層で表現したものである。それぞれを表示体面上の表示領域2、2'に表示すれば、立体的な燃料計の表示像（図23（（a）は概略斜視図、（b）は概略正面図））が得られる。燃料の残量に応じて図22（b）の指針の角度を変更すれば、燃料計として機能する。残量が指定値より少なくなった場合に、表示領域2"に警告表示を示せば、立体的な燃料計の前に警告が現れ、運転者に対しよりの確な警告を行えるようになる。この場合、警告表示の虚像表示層と指針に相当する表示の虚像表示層との間の距離および指針に相当する表示の虚像表示層と文字盤に相当する表示の虚像表示層との間の距離はともに50mmであった。

【0102】ここで、先の例に示した表示システムを、自動車用HUDに応用した例を示す（図24）。情報表

示源20からの情報を含む光21は、車両の風防ガラス24に備えられたホログラム22により回折されて、運転者23により虚像25のような表示像として視認される。

【0103】表示像は風防ガラスから約200mm～約300mmの距離に、間隔約50mmの3つの虚像表示層として表示できた。表示内容としては、速度表示、警告表示、経路誘導表示などを表示した。速度表示は、車速に応じて虚像結像距離が変わるようにした。また、警告表示は、運転者から見て周期的に奥から手前に近づいてくるように移動させて表示した。経路誘導表示は、直進の矢印と方向転換用の矢印（図24では右折）を表示し、直進矢印を手前に方向転換矢印を奥に表示した。このように本発明を用いて3次元的な表示を行うことにより、より運転感覚にマッチした表示、より視認性のよい表示を実現でき、車両の運転補助、安全確保に貢献するHUDを構成できた。

【0104】なお、ホログラム22は風防ガラス24に備えられるものであり、例えば風防ガラスの表面（車両外表面）や車両内側表面に備えられてもよいが、特にホログラムの保護の点に鑑みて、本例のように合わせガラスである風防ガラスの内部に封入して用いることが好ましい。また、ホログラムを風防ガラス外周部の黒セラミック隠蔽部に封入することもでき、輝度の暗い光源を用いた場合でも背景が暗いためコントラストのよい表示が実現できる。

【0105】また本例では、複数の入射角に対応する表示装置または領域をホログラムに対する光の入射回折平面内に含まれるように配置した。本発明はそのような構成のみに限定されない。例えば、表示装置を観察者から見て左右に配置してもよい（図1で見ると紙面に垂直の方向）。またそれらを組み合わせて表示装置を縦横碁盤目状に配置したものをを用いてもよい。

【0106】

【発明の効果】本発明によれば、複数の入射角または複数の波長の光をホログラムにより回折し観察者に虚像として視認させることができ、その虚像結像距離は異なる入射角または異なる波長に対してそれぞれ異なる。そのため、3次元像の奥行きを差を入射角の差にまたは波長の差に置き換えてホログラムに照射することによって、3次元的に奥行きのある虚像が表示可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のホログラフィック表示装置の一例を示す概念図（a）、これに用いる表示体の正面図（b）。

【図2】ホログラムの回折スペクトル図。

【図3】本発明におけるホログラムの露光方法を示す概念図。

【図4】本発明のホログラフィック表示装置の一例を示す概念図。

【図5】本発明における干渉フィルタの透過光のスペク

トル図。

【図6】ホログラムの回折スペクトル図。

【図7】本発明におけるホログラムの露光方法を示す概念図。

【図8】本発明における表示内容の一例を示す分解正面図。

【図9】図8の表示内容の表示状態の一例を示す概略斜視図(a)、概略正面図(b)。

【図10】本発明における表示内容の一例を示す分解正面図。

【図11】図10の表示内容の表示状態の一例を示す概略斜視図(a)、概略正面図(b)。

【図12】図10の表示内容の表示状態の一例を示す概略斜視図(a)、概略正面図(b)。

【図13】本発明における表示内容の一例を示す全体正面図。

【図14】本発明における表示内容の一例を示す分解正面図。

【図15】図14の表示内容の制御について説明するチャート。

【図16】図14の表示内容の表示状態の一例を示す概略斜視図(a)、概略正面図(b)。

【図17】図14の表示内容の表示状態の一例を示す概略斜視図(a)、概略正面図(b)。

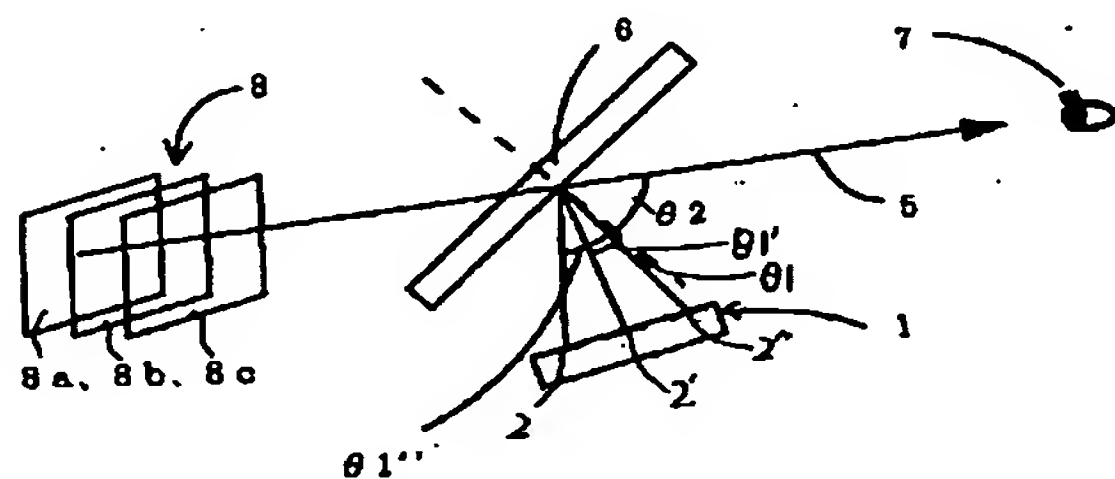
【図18】図14の表示内容の表示状態の一例を示す概略斜視図(a)、概略正面図(b)。

【図19】図14の表示内容の表示状態の一例を示す概略斜視図(a)、概略正面図(b)。

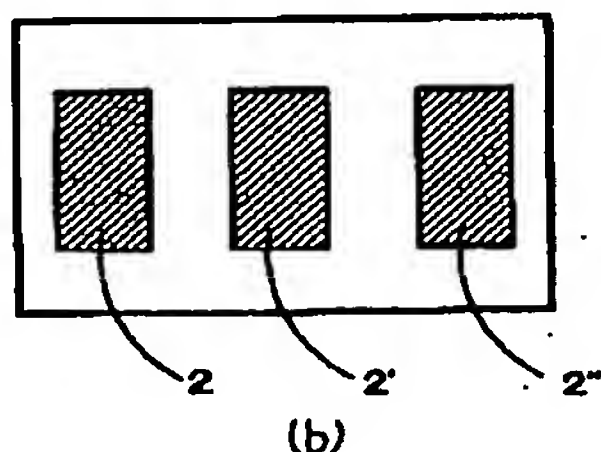
【図20】本発明のホログラフィック表示装置をメータに応用した例を示す概念図。

* 30

【図1】



(a)



(b)

* 【図21】本発明における表示内容の一例を示す全体正面図。

【図22】本発明における表示内容の一例を示す分解正面図。

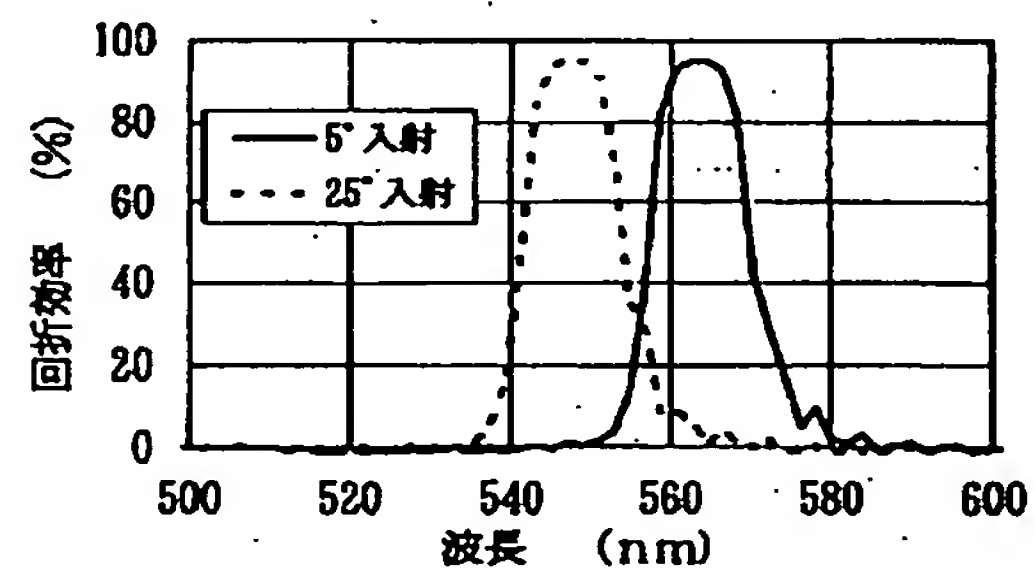
【図23】図22の表示内容の表示状態の一例を示す概略斜視図(a)、概略正面図(b)。

【図24】本発明のホログラフィック表示装置を自動車用HUDに応用した例を示す概念図。

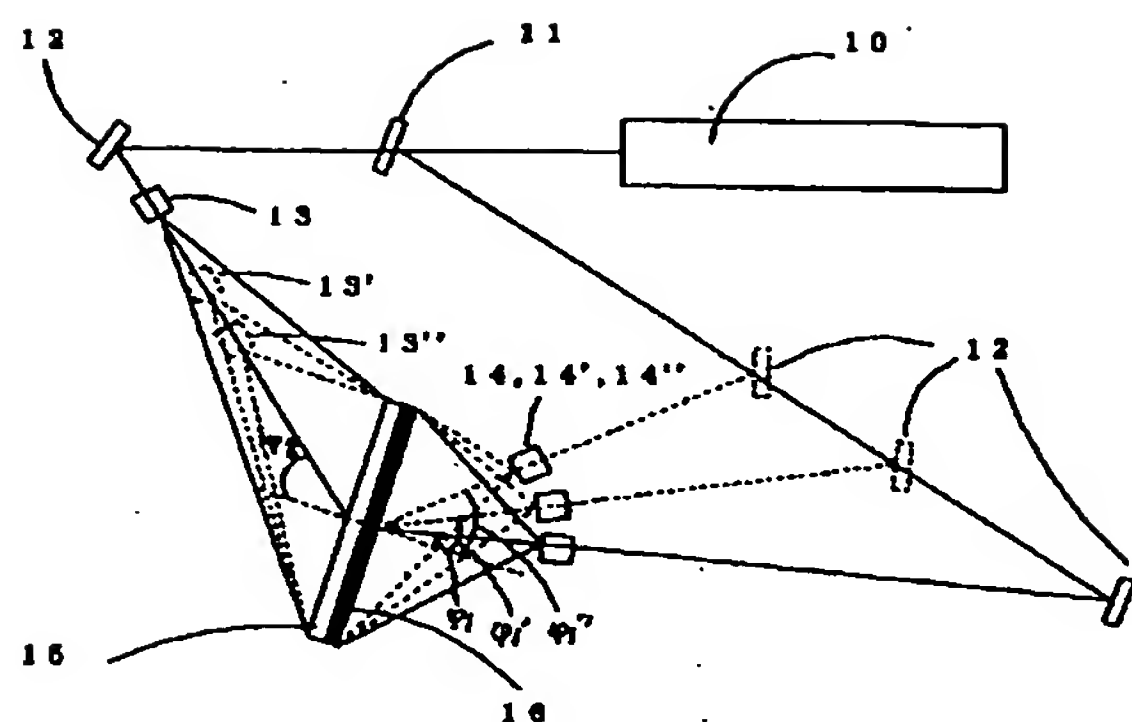
【符号の説明】

- 10 1: 液晶表示装置
- 2~2": 表示面上の表示領域
- 5: 情報を含む光
- 6: ホログラム
- 7: 観察者
- 8: 複数の結像距離を持つ虚像から構成される3次元像
- 10: 波長可変色素レーザ
- 11: ハーフミラー
- 12: ミラー
- 13: 表示像側スペーシャルフィルタ
- 20 14: 表示装置側スペーシャルフィルタ
- 15: ガラス基板
- 16: ホログラム感光材料
- 20: 情報表示源
- 21: 情報を含む光
- 22: ホログラム
- 23: 運転者
- 24: 風防ガラス
- 25: 複数の結像距離を持つ虚像から構成される3次元像

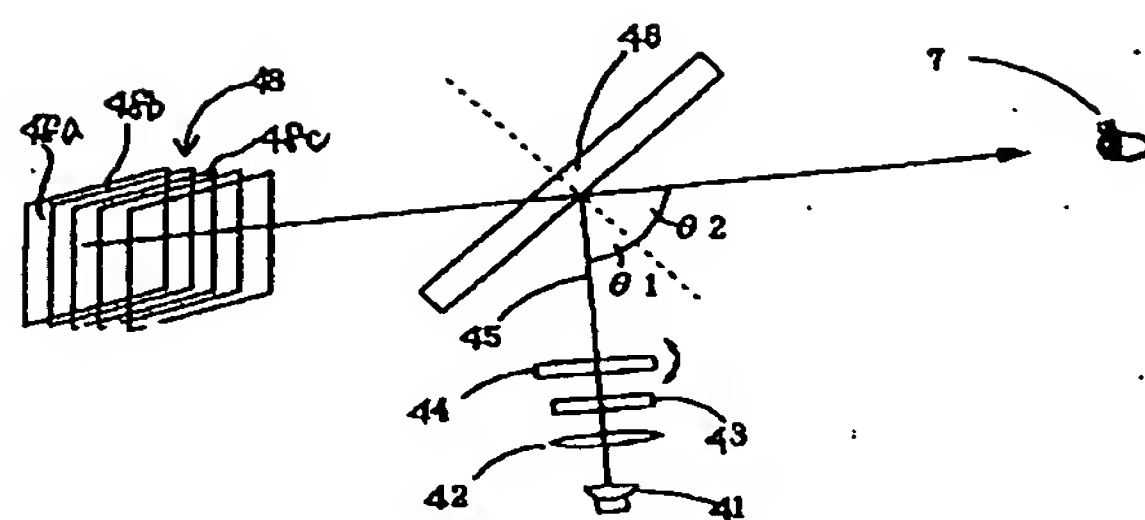
【図2】



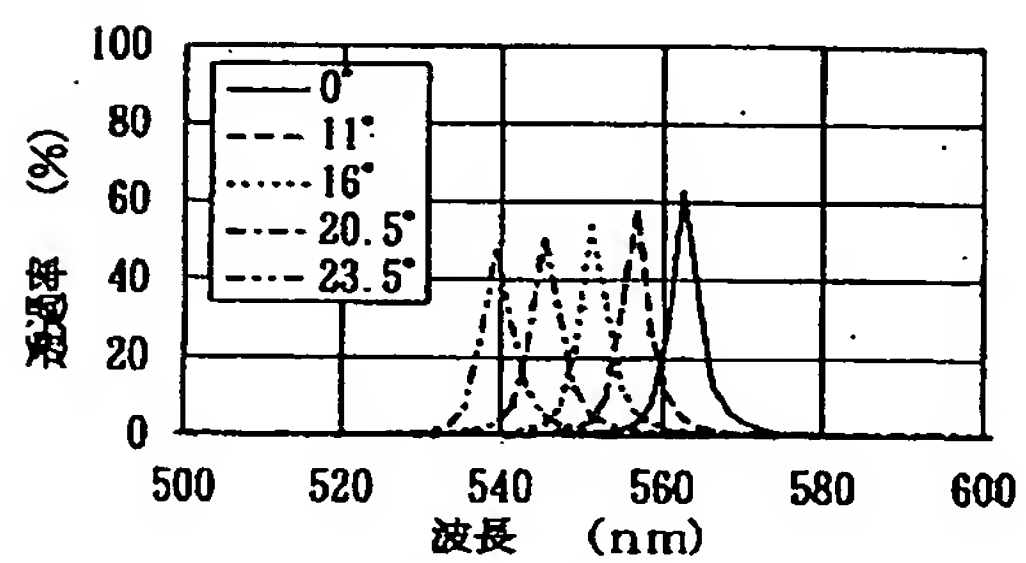
【図3】



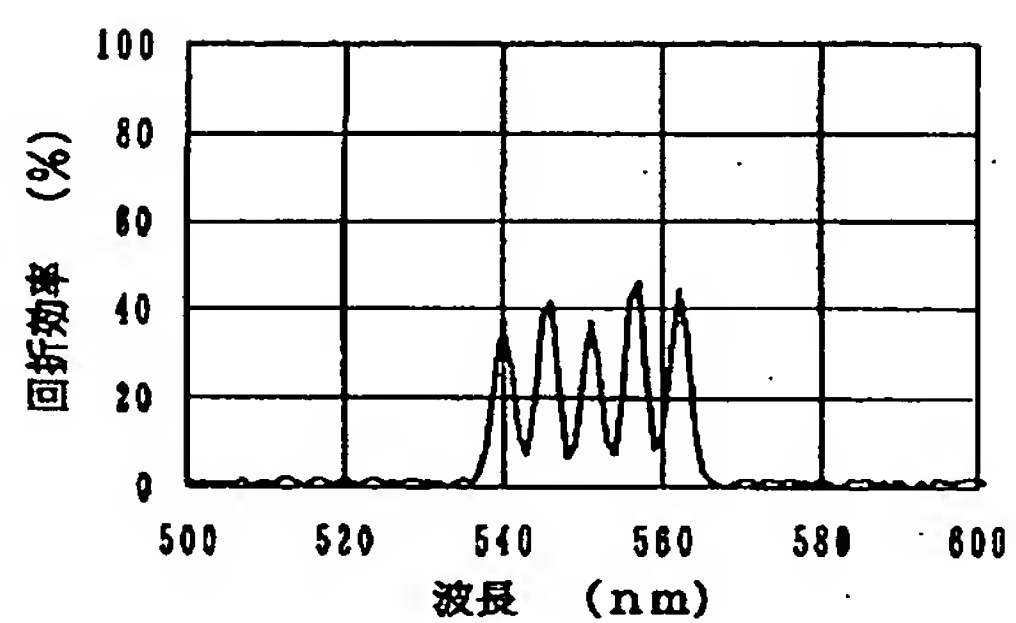
【図4】



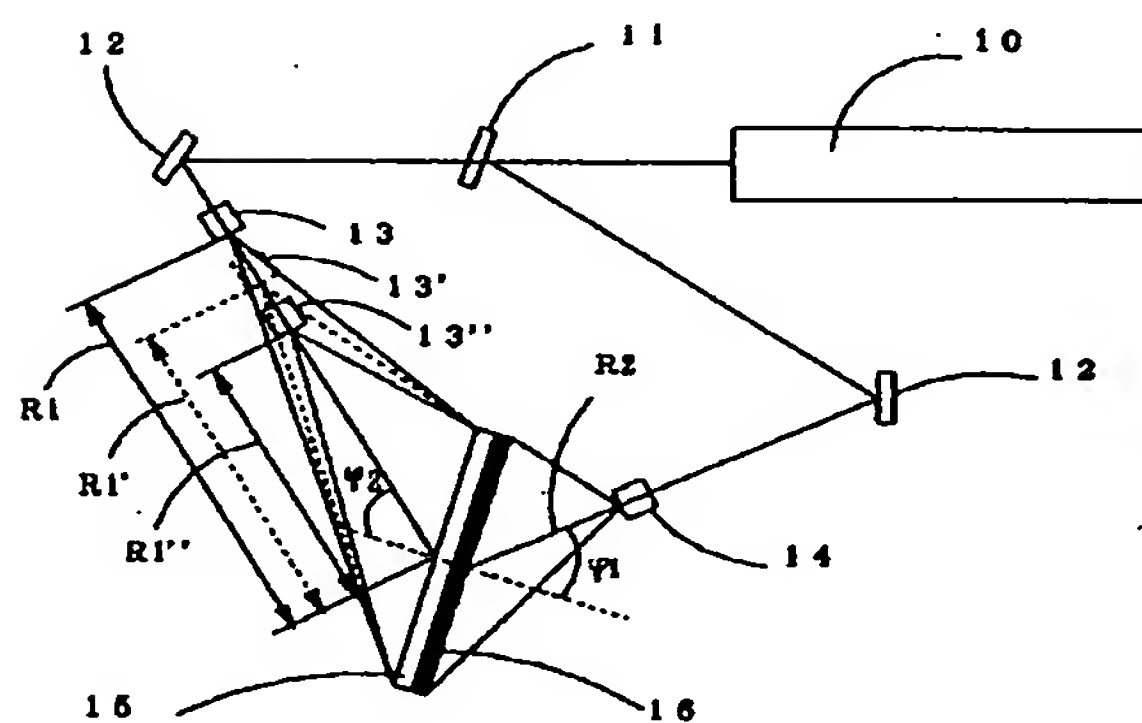
【図5】



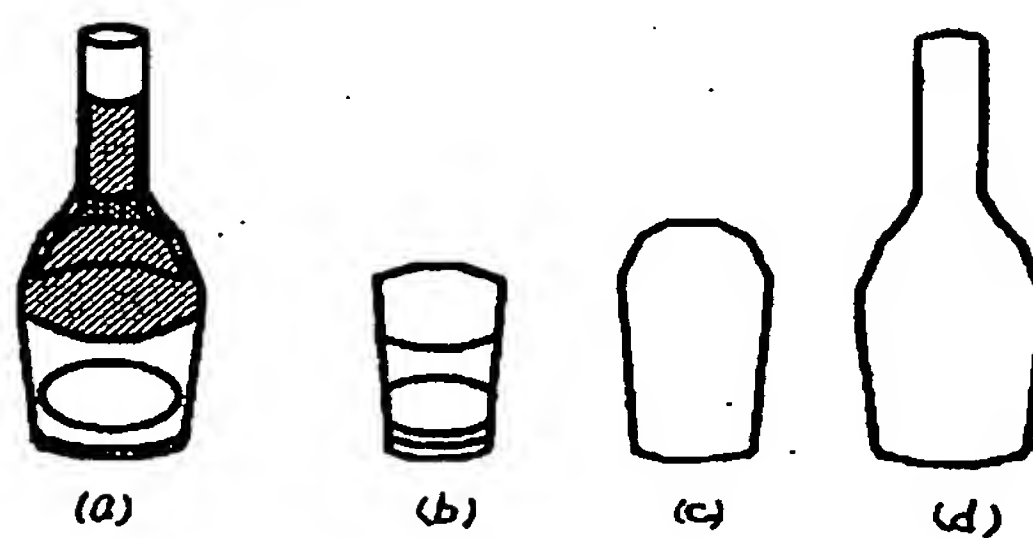
【図6】



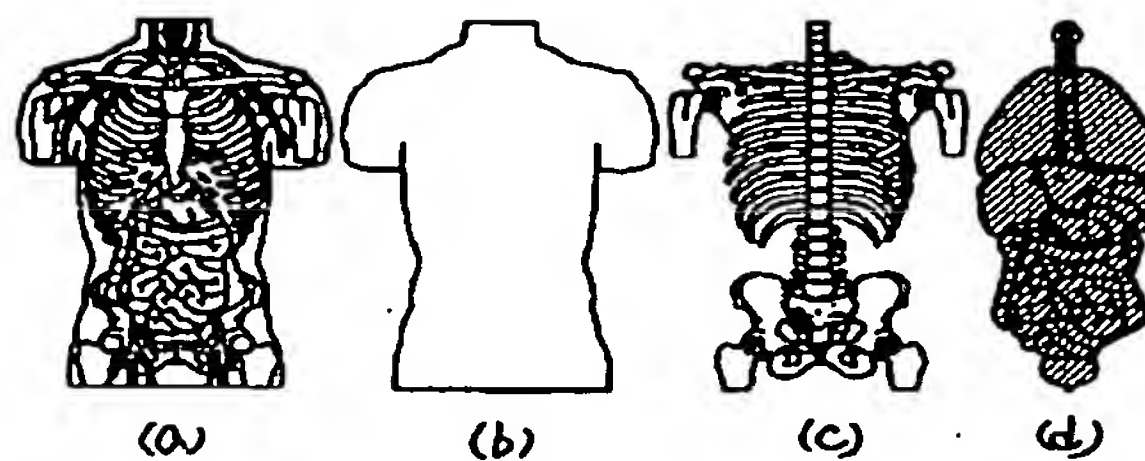
【図7】



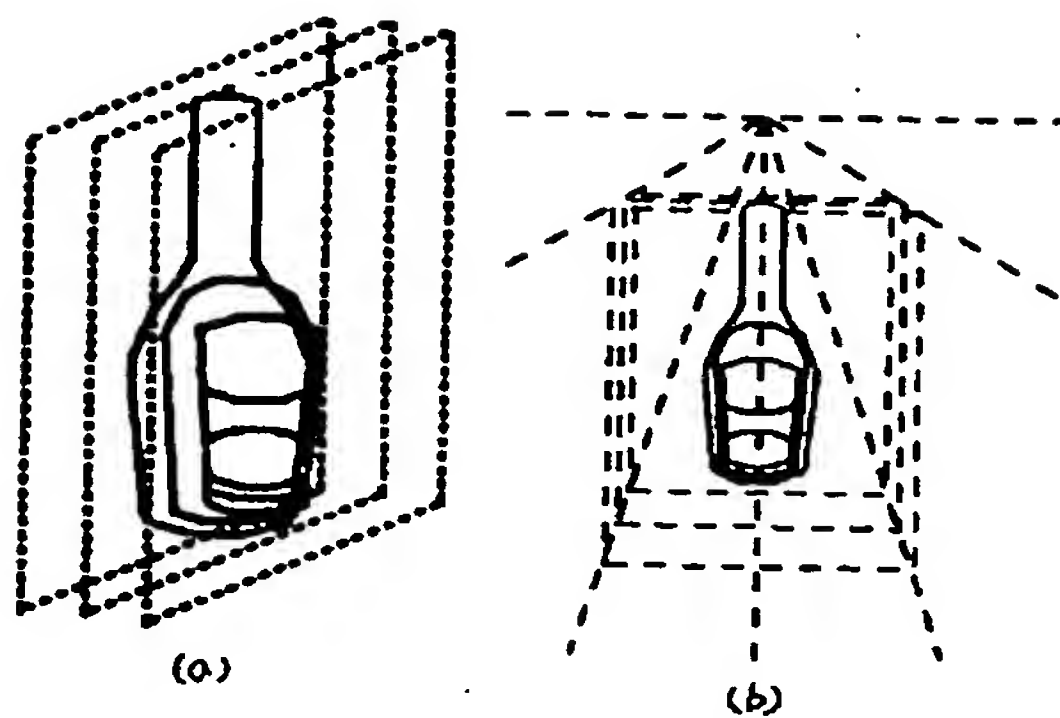
【図8】



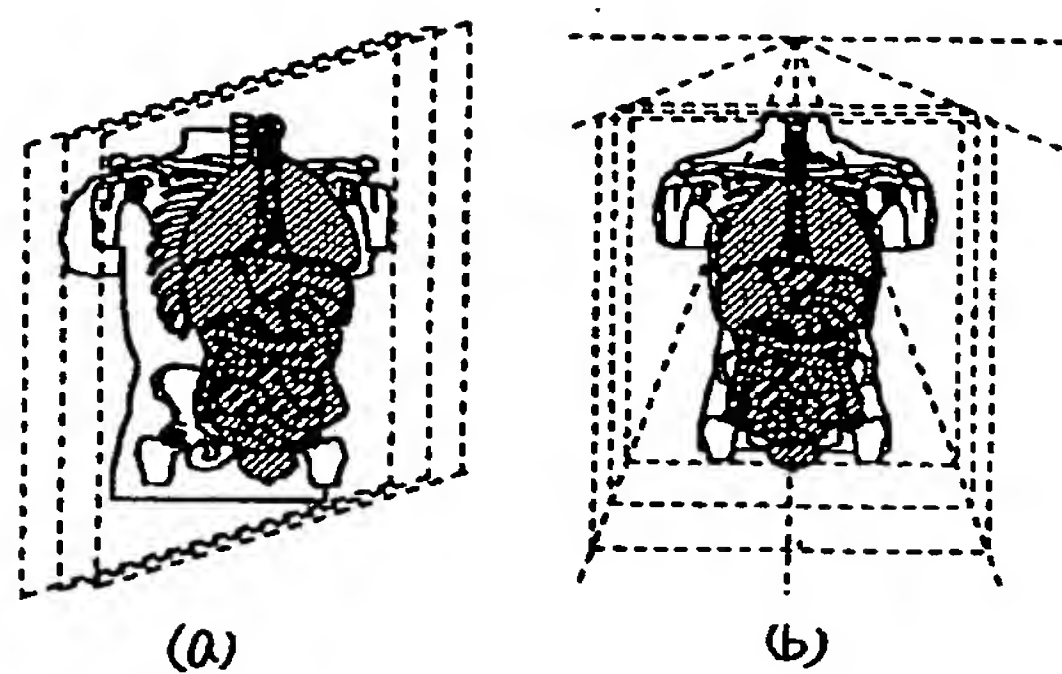
【図10】



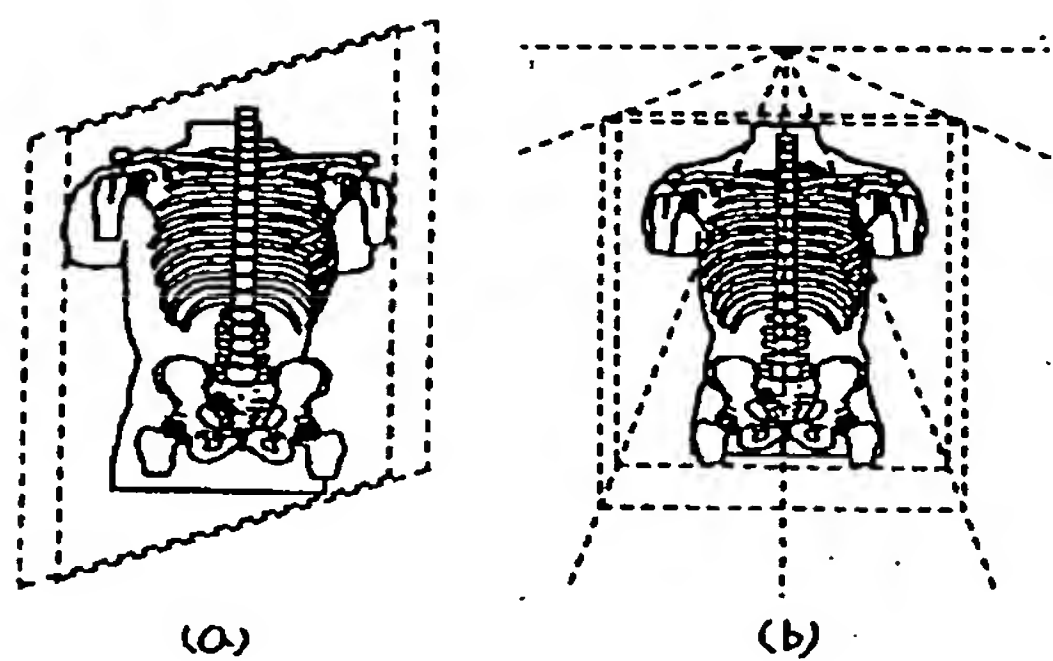
【図9】



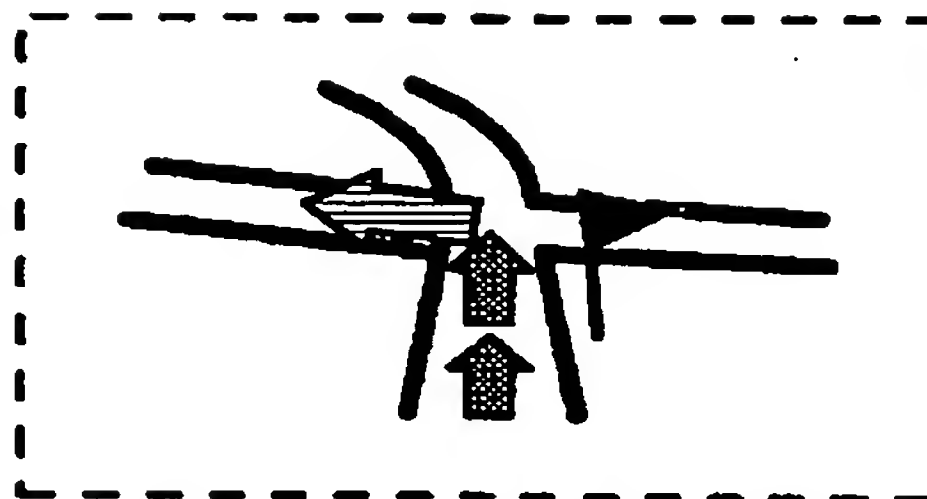
【図11】



【図12】

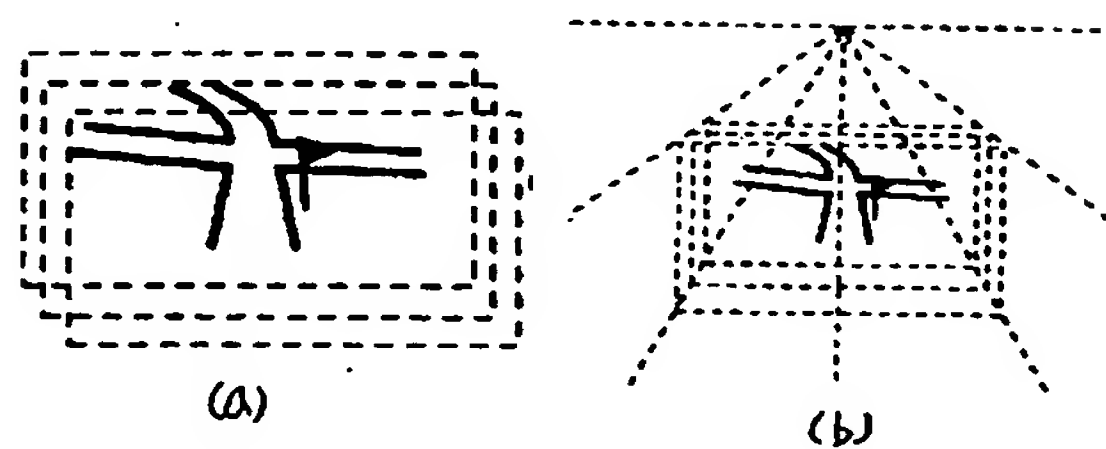
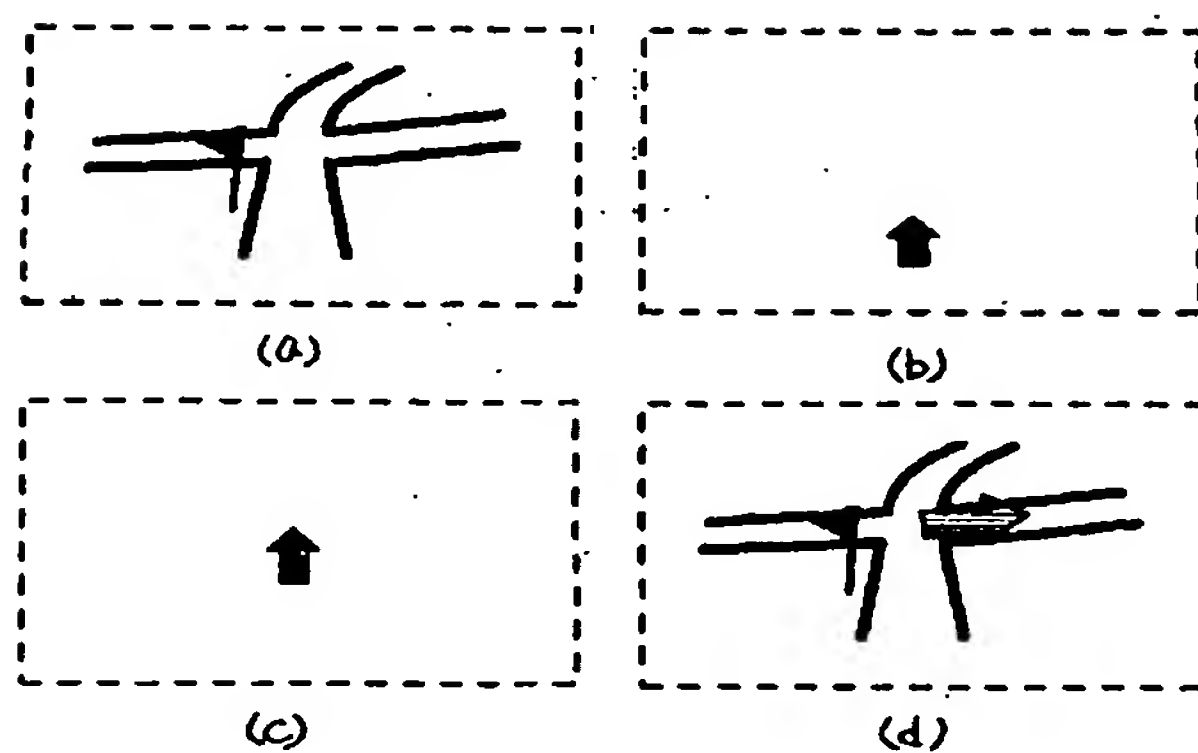


【図13】

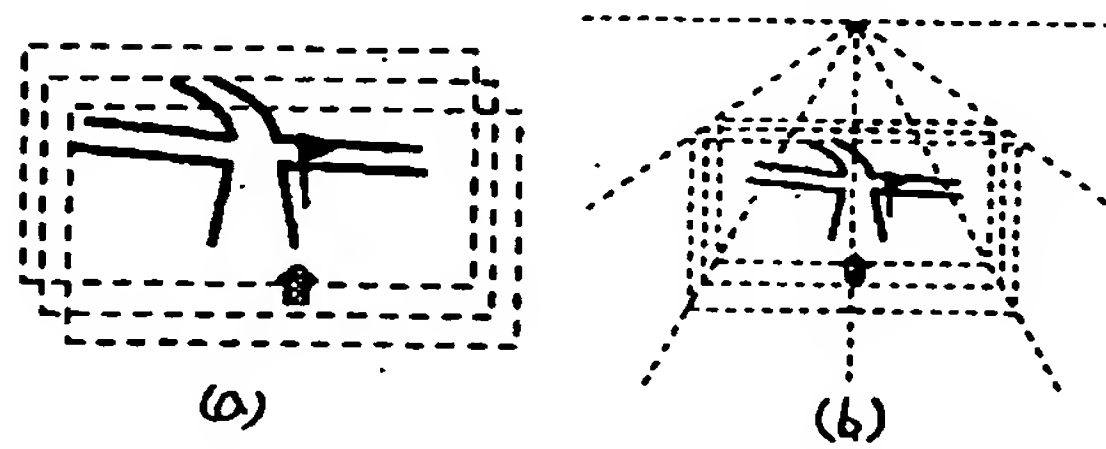


【図16】

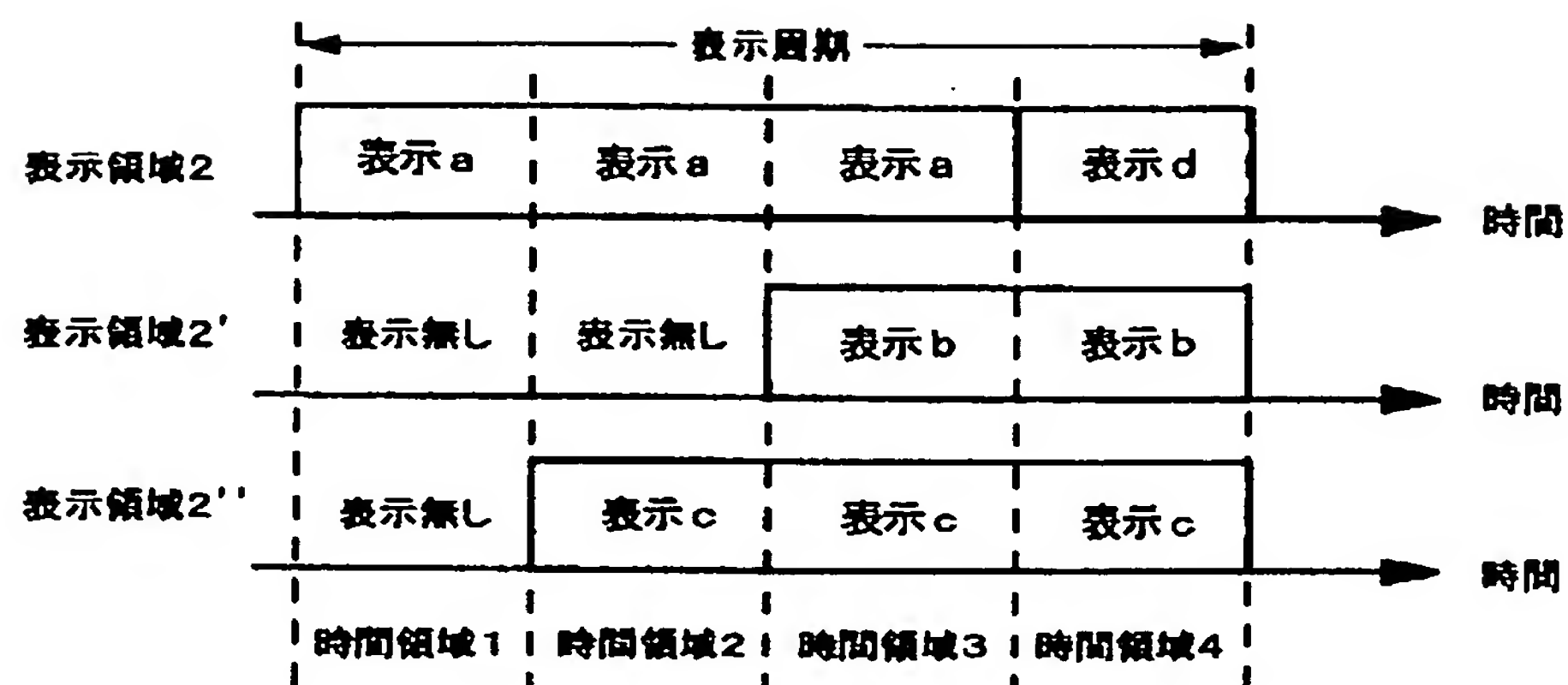
【図14】



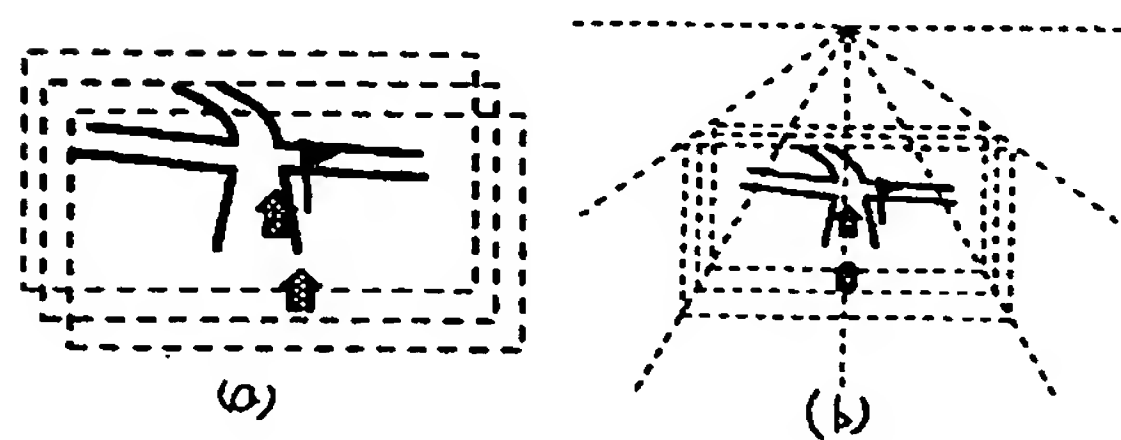
【図17】



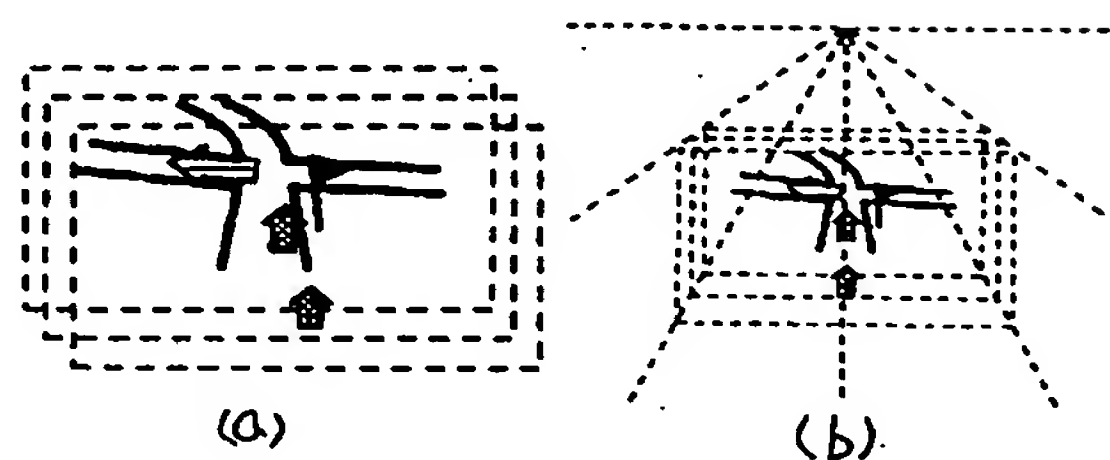
【図15】



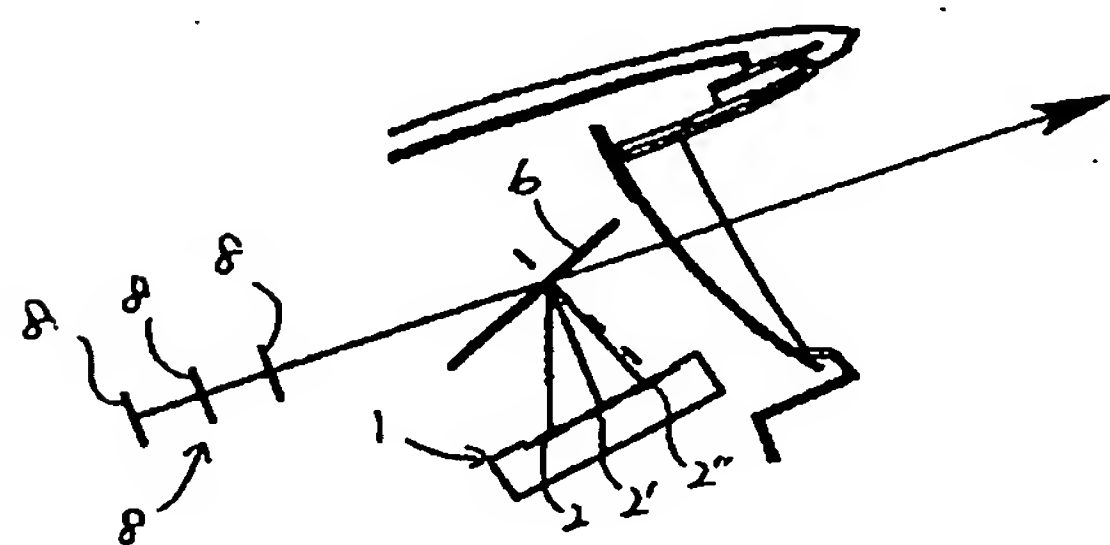
【図18】



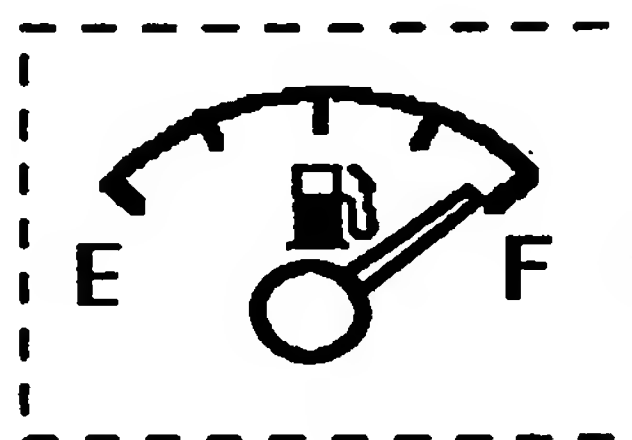
【図19】



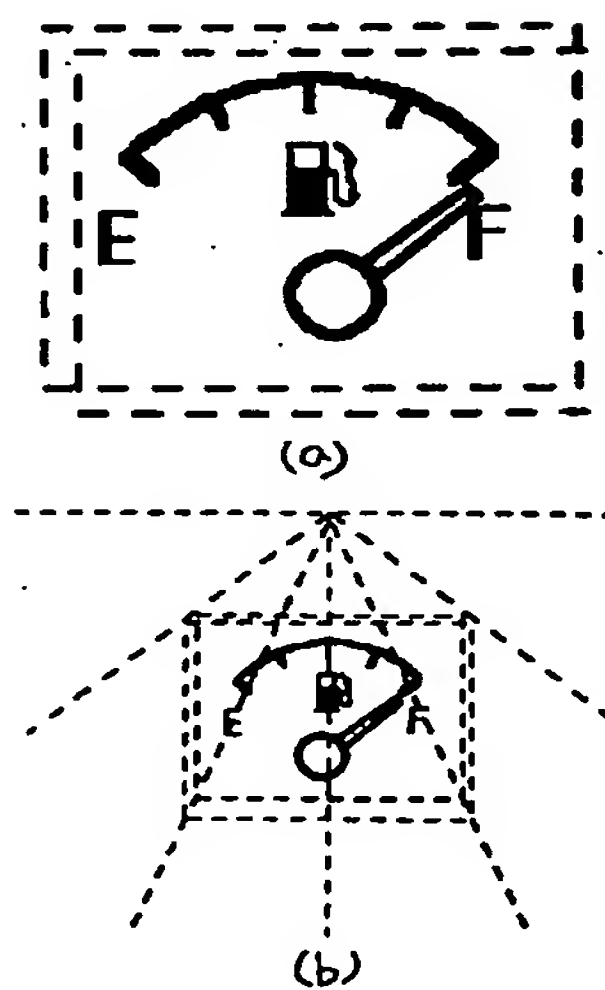
【図20】



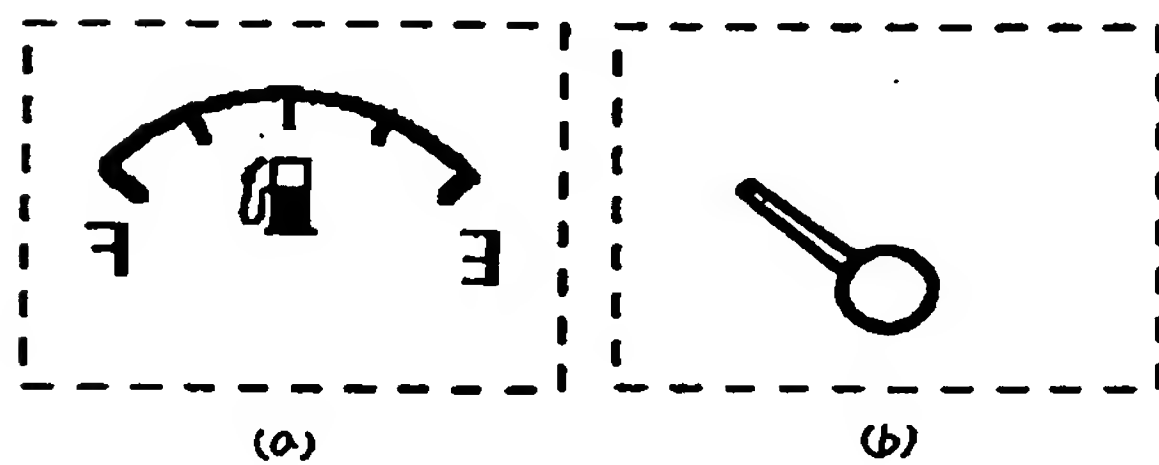
【図21】



【図23】



【図22】



【図24】

